# SCHLEUDERVERLETZUNGEN DER HALSWIRBELSÄULE UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG VON VERKEHRSUNFÄLLEN IN DER LITERATUR VON 1960–70

Andreas Hartmann

1972

Aus der Nervenklinik der Universität München
Direktor Prof.Dr.Hippius

Titel der Arbeit

# Schleuderverletzungen der Halswirbelsäule unter besonderer Berücksichtigung von Verkehrsunfällen in der Literatur von 1960-70

---

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE IN DER GESAMTEN MEDIZIN
VERFASST UND EINER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT ZU MÜNCHEN

vorgelegt von

Andreas Hartmann

aus

Schlagenhofen

Jahr
1 9 7 2

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof.Dr.Kramer
Mitberichterstatter: Prof.Dr.Zachau
Dekan:Prof.Dr.Spann
Tag der mündlichen Prüfung: 17.10.72

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

# Inhaltsverzeichnis

A Einführung

1. Häufigkeit von Schleuderverletzungen 3
2. Mechanismus der Peitschenschnurverletzungen 4
3. Häufigkeit der Peitschenschnurverletzungen unter den gesamten Halswirbelsäulenverletzungen 5
4. Terminologie 6
5. Abgrenzung der Peitschenschnurverletzungen gegen Hyperextensionsverletzungen 6
6. Übersicht 7

B Verletzungen der Halswirbelsäule durch Hyperextension bzw. Hyperflexion

1. Altersverteilung 8
2. Geschlechtsverteilung 8
3. Höhe der Läsion 9
4. Mechanismus der Luxation 9
5. Rückenmarkbeteiligung bei Halswirbelsäulenverletzung 10
6. Rückenmarkverletzung in Abhängigkeit von der Höhe der Wirbelläsion 11
7. Die Beweglichkeit des Halsrückenmarks 12
8. Verteilung der Rückenmarkbeteiligung auf die Verletzungsform der Halswirbelsäule 13
9. Halswirbelschaden und neurologisches Syndrom 14
10. Neurologische Symptome 16
11. Das zentrale akute Halsmarksyndrom 16
12. Migraine cervicale 19
13. Verletzungen der Halswirbelsäule bei Hyperextension und Hyperflexion 19

C Das Peitschenschnurtrauma

I. Vorkommen

1. Altersverteilung 23
2. Geschlechtsverteilung 24

II. Das Zervikalsyndrom und andere Wirbelsäulenverl.

1. Anatomisch-physiologische Grundlagen des Zervikalsyndroms 25
2. Neurophysiologische Grundlagen des Zervikalsyndroms 26
3. Häufigkeit von Nacken- und Kopfschmerz 27
4. Nacken- und Schultersteife 28
5. Verletzungen der Halswirbelsäule 29
6. Verletzungen des unteren Rücken 31
7. Brachialgie 32
8. Steilstellung und Beweglichkeitseinschränkung der Halswirbelsäule 33
9. Behandlung und Dauer des Zervikalsyndroms 34

III. Cerebrale Symptome

1. EEG - Veränderungen 35
2. Ausfälle des Hirnstamms 38
3. Sehstörungen 39
4. Bewußtseinsstörungen 40

IV. Medulläre Symptome 41

V. Psychoneurotische Symptome 41

D Komplikationen

1. Vorschäden 43
2. Spätschäden 44
3. Dauer der Symptome 44

E Diagnose 45

F Möglichkeiten zur Verhinderung von Peitschenschnurverletzungen 47

G Zusammenfassung 49

Literaturverzeichnis 51

# A

# E i n f ü h r u n g

## 1. Häufigkeit der Schleuderverletzungen

Vergleicht man mit der Gesamtunfallzahl, so sind die Halswirbelsäulenverletzungen mit 0,3% relativ selten. Beschränkt man sich jedoch auf Verkehrsunfälle, so nehmen sie nach den Kopfverletzungen mit 5% - 27% den zweiten Rang ein. Daß diese Angaben so stark schwanken, läßt auf das unterschiedliche Interesse, das diesen Verletzungen entgegengebracht wird, schließen. Geht man dem Unfallmechanismus nach, so findet man:

60 % der Verletzten erlitten einen Anprall von hinten,
30 % einen solchen von frontal und
10 % einen Anprall von lateral (Dagradi).

Schleuderverletzungen der Halswirbelsäule lassen sich ihrer Entstehung nach folgendermaßen einteilen:

1. Überdehnung bzw. Stauchung durch Fall oder Sturz auf den Kopf.
2. Überdehnung durch Sprung in seichtes Wasser.
3. Überdehnung durch Verkehrsunfälle (=Peitschenschnurverletzung).

Während die Häufigkeit der Verletzungen der Gruppe 1 und 2 konstant bleibt, nehmen die Fälle der Gruppe 3 ständig zu. Als erste haben Gay und Abbott (1953) über 50 Fälle solcher Überdehnungsverletzungen durch Verkehrsunfälle berichtet. Seitdem erschienen in immer dichterer Folge ähnliche Arbeiten. Meine Aufgabe war es nun, in der Literatur von 1960 bis jetzt die Häufigkeit der dabei auftretenden Verletzungen und neurologischen Ausfallerscheinungen festzustellen.

## 2. Mechanismus der Peitschenschnurverletzungen

Zwei Gründe scheinen entscheidend für das Entstehen solcher Läsionen.

a) Selbst wenn die Geschwindigkeiten beim Zusammenstoß gering sind, können die Änderungen der Beschleunigung erheblich sein. Die Beschleunigung ergibt sich aus folgender Formel:

$$D \text{ (oder } A) = \frac{M V^2}{LX2}$$

(D = Beschleunigungsänderung, A = Änderung der Abbremsung, V = Geschwindigkeit, L = Länge der Bremsbahn)

Diese Beschleunigungskräfte werden nach bestimmten biomechanischen Gesetzen auf den Körper des Fahrers übertragen.

b) Der besondere anatomisch-funktionelle Bau des kraniozervikalen Segmentes.
Wenn eine Beschleunigung auf dieses Segment einwirkt, entsteht eine Hyperextensionsbewegung (bzw. Hyperflexion, wenn es sich um eine Abbremsung handelt) des Kopfes gegenüber dem Hals. Dieser ersten folgt dann eine Gegenbewegung als Ausdruck von passiven (elastisches Zurückschnellen der überdehnten Halsmuskulatur) und aktiven (reflektorische Überkorrekturbewegung) Muskelmechanismen. Außerdem hängt diese Gegenbewegung von der Elastizität der Rücklehne und des Sitzpolsters ab. Die eben beschriebenen Bewegungen können sich nach Dagradi mehrfach wiederholen, so daß eine Pendelbewegung entsteht. (s.Abb. 1)

Bei seitlicher Schleuderung tritt zusätzlich eine Drehkomponente auf, die man ihrerseits wiederum in eine seitliche und in eine frontale oder rückwärtig einwirkende Kraft zerlegen kann.

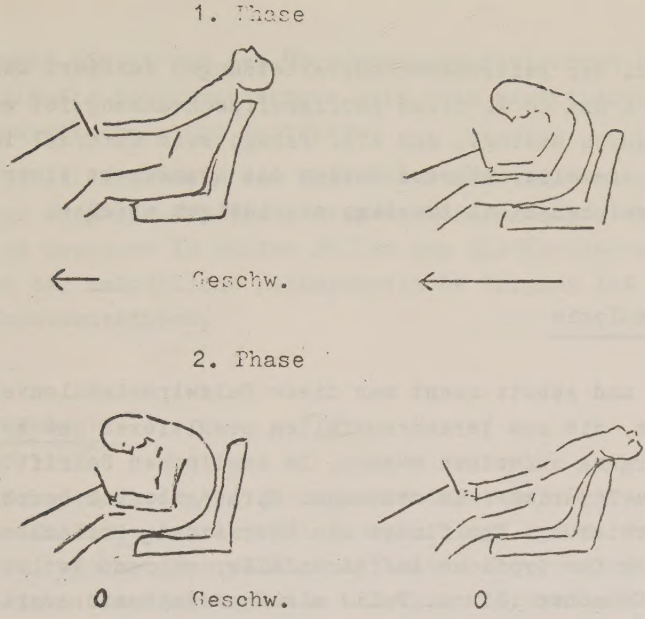



Abb. 1 Mechanismus des Schleudertraumas bei Frontalzusammenstoß und bei Auffahrunfall (n. Dagradi).

3. Häufigkeit der Peitschenschnurverletzungen unter den gesamten Halswirbelsäulenverletzungen

| | | |
|---|---|---|
| Gelehrter, | 31 | außerdem: 97 x Sturz, 7x Sprung in seichtes Wasser, 44x Sonstige |
| Farago, | 21 | außerdem: 66 x Sturz, 6x Sprung in seichtes Wasser, 11x Sonstige |
| Norton, | 62 | außerdem: 13 x Sturz, 8x Sprung in seichtes Wasser, 5x Sonstige |
| Lindenberg, | 18 | außerdem: 13 x Sturz, 8x Sprung in seichtes Wasser, |
| Paltriniere, | 32% | außerdem: 47% Stürze, 21% Sonstige. |

Der Anteil der Peitschenschnurverletzungen variiert zwischen 20 % und 60 %. Diese Häufigkeitsschwankung ist wohl teils dadurch bedingt, daß z.B. Farago sein Material in Budapest sammelte, während Norton das Krankengut einer verkehrsreichen Stadt Amerikas statistisch erfaßte.

## 4. Terminologie

Seit Gay und Abbott nennt man diese Halswirbelsäulenverletzungen, die aus Verkehrsunfällen resultieren und kein Schädeltrauma aufweisen müssen, im englischen Schrifttum "Whiplash-Injuries". Im deutschen Sprachgebrauch herrscht etwas Verwirrung. Man findet die Übersetzung Peitschenschnurverletzung für typische Auffahrunfälle, während Verletzungen anderer Ursachen (Sturz, Fall) als Hyperextensionsverletzungen bezeichnet werden (so z.B. Kuhlendahl).
Der Begriff Schleudertrauma wird nicht einheitlich gebraucht. Manche (Gögler, Müller, Gerstenbrand) verstehen hierunter sämtliche Hyperextensions- bzw. Hyperflexionsverletzungen, andere wieder nur Peitschenschnurverletzungen.

## 5. Abgrenzung der Peitschenschnurverletzungen gegen Hyperextensionsverletzungen

Trotz der Ähnlichkeit der Folgeerscheinungen ist der gesamte Mechanismus der Whiplash-Injuries, besonders in bezug auf das Ausmaß der Verletzungen, von den anderen Überdehnungsverletzungen abzugrenzen. Als wesentlichen Unterschied beider Verletzungsarten kann man die bei Whiplash-Injuries unmittelbar auf die Hyperextension folgende Hyperflexion betrachten. Diese fehlt bei Überstreckungsverletzungen durch Fall oder Sturz nach vorne. Der aufprallende Kopf wird verhältnismäßig langsam nach rückwärts gebogen. Der Unterschied liegt also in der Dynamik des Gewaltmechanismus.

Weiterhin findet man bei Überdehnungsverletzungen immer zwangsläufig Kopfverletzungen, die beim eigentlichen Schleudertrauma nicht auftreten.

Grundsätzlich gehören die Hyperextensionsverletzungen zum Typ der Whiplash-Injuries, weil nach der Analyse der klinischen Symptome in beiden Fällen das Hintübergebeugtwerden der maßgebliche pathogenetische Vorgang ist und nicht das Nachvornekippen.

## 6. Übersicht

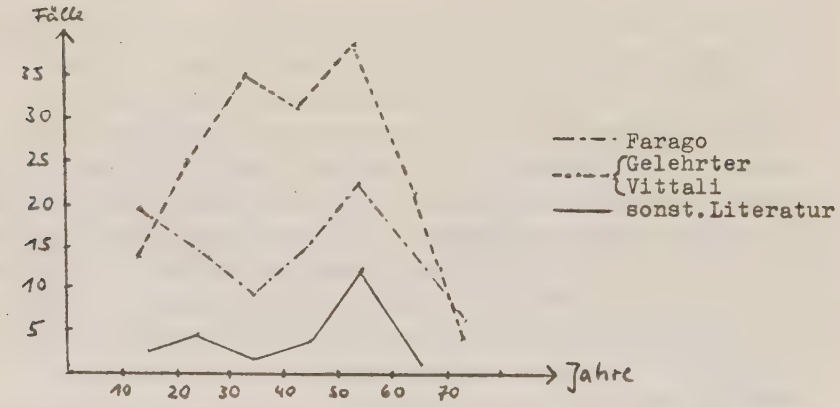
Eine Schwierigkeit bei der zusammenfassenden Betrachtung dieser Halswirbelsäulenverletzungen liegt darin, daß die Autoren, wie schon erwähnt, oft keinen Unterschied zwischen den reinen Whiplash-Injuries und Extensionsverletzungen machen. Ich werde daher in den folgenden Ausführungen zuerst alle Halswirbelsäulenverletzungen zusammen betrachten und dann gesondert die Verletzungen, die aus reinem Whiplash-Mechanismus heraus entstehen, untersuchen. Aus zweierlei Gründen scheint mir dies sinnvoll:

Einerseits sind viele Hyperextensionsverletzungen bzw. Hyperflexionsverletzungen durch Sturz auf Grund des Verletzungsmechanismus und der Symptome von denen schwerer Verkehrsunfälle nicht zu trennen. Andererseits treten gewöhnlich bei reinen Whiplash-Injuries (d.h. bei frei beweglichem Kopf), im Gegensatz zu den Überdehnungs- oder Stauchungsverletzungen, Frakturen so selten bzw. gar nicht (Hamel) auf, daß man ein wahres Bild über diese häufigen Verletzungen nur bei einer isolierten Betrachtung bekommen kann.

B

## Verletzungen der Halswirbelsäule durch Hyperextension bzw. Hyperflexion

### 1. Altersverteilung




Das Durchschnittsalter liegt einheitlich bei etwa 50 Jahren.

### 2. Geschlechtsverteilung

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Farago: | männl. | 92 | weibl. | 12 |
| Norton: | | 73 | | 15 |
| Gelehrter: | | 145 | | 27 |

Mit ungefähr 80 % sind Männer an diesen Verletzungen beteiligt. Hier kommt klar zum Ausdruck, daß es sich in erster Linie um Arbeitsunfälle handelt.

### 3. Höhe der Läsion

| | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ | $C_5$ | $C_6$ | $C_7$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Farago | 8 | 15 | 6 | 15 | 27 | 25 | 8 |
| Norton | 4 | 22 | 3 | 12 | 29 | 26 | 13 |
| Gelehrter | - | 28 | 9 | 24 | 38 | 61 | 24 |
| Uhlig | - | 1 | 1 | 3 | 5 | 6 | 3 |
| Lindenberg | - | - | 3 | 4 | 9 | 5 | 4 |
| Wehner | - | 4 | 1 | 1 | 10 | 4 | 1 |
| Paltriniere | 2 | 6 | 0 | 11 | 24 | 18 | 9 |
| Ostapowicz | 0 | 15 | 30 | 40 | 70 | 80 | 30 (in %) |

Hier sieht man deutlich eine Häufung bei $C_2$ und eine zwischen $C_5$ und $C_6$. Bei $C_5$, $C_6$ besitzt die Halswirbelsäule die größte Beweglichkeit, wie Studien von Fielding (1957) zeigen. Hier entsteht also bereits unter Normalbedingung durch äußere Krafteinwirkung die stärkste Wirbelverschiebung des gesamten Zervikalteiles. Auch Sollmann stellte auf Grund röntgenkinematographischer Untersuchungen fest, daß $C_6$ bei Hyperextension als Hypomochlion wirkt. Die Häufung bei $C_2$ ergibt sich aus der Anatomie der Kopfgelenke. Besonders gefährdet ist hier der Zahnfortsatz und der Wirbelbogen. Gerade in der Endphase der Hyperextension treten hier große Kräfte auf. Nach Kuhlendahl betrifft die Überstreckungsverletzung hauptsächlich die untere Halswirbelsäule, während der Peitschenschnurmechanismus die Kopfgelenke verletzen kann. Auch bei anderen Autoren wird auf diese Häufung hingewiesen.

### 4. Mechanismus der Luxation

Bei Vorbeugung der Halswirbelsäule gleitet der untere Gelenkfortsatz nach vorne und oben auf der schrägen Oberfläche des oberen Gelenkfortsatzes des unteren Halswirbelkörpers, soweit wie es die Kapsel, die Bänder und die Muskeln erlauben.

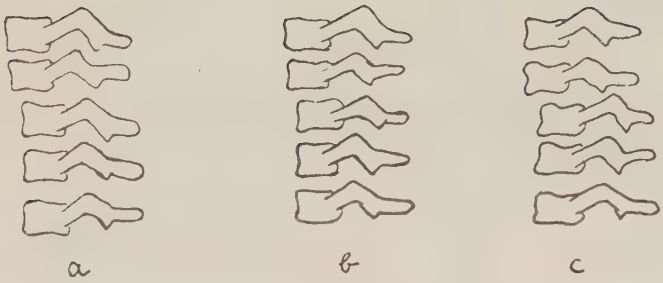



Abb. 2 Luxationsformen der Halswirbelsäule unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse an den kleinen Wirbelgelenken (n.Gelehrter)
a) Teilluxation
b) Reitende Luxation
c) Verhakte Luxation

Wenn die Kraft anhält und vorne kein Bruch erfolgt, dehnt sich das Gewebe oder es reißt, und Luxationen verschiedenen Ausmaßes treten auf (s.Abb. 2).

Abb. 3
Dorsalluxation
und Berstung

Häufigkeit 1 : 100

Kommt zur vorbeugenden Komponente noch eine seitliche, so sind einseitige Luxationen häufig. Eine Flexions-Luxation nach hinten ohne Fraktur wird nicht beschrieben. Gelehrter beschreibt einen Fall von Flexionsverrenkung mit Verschiebung des Wirbelkörpers nach hinten. In diesem Fall trat eine Kompressionsfraktur auf.

## 5. Rückenmarkbeteiligung bei Halswirbelsäulenverletzungen

Bedenkt man die Beweglichkeit der Halswirbelsäule, so wird es kaum überraschen, daß mit Luxationen bzw. Brüchen der Halswirbel häufig Rückenmarksverletzungen verknüpft sind.

| HWS-Verletzung | Farago | Gelehrter | Norton | Lindenberg |
|---|---|---|---|---|
| ohne Querschnittsläsion | 70 | 107 | 88 | 20 |
| mit Querschnittsläsion | 34 | 65 | 41 | 10 |

| | | |
|---|---|---|
| Bei | Farago | 33 % |
| | Gelehrter | 38 % |
| | Norton | 32 % |
| | Lindenberg | 33 % |
| | Paltriniere | 44 % |
| | Anguin | 40 % |
| | Ostapowicz | 45 % |

Rückenmarksverletzungen, wie sie in der Literatur beschrieben werden, reichen vom gewaltsamen Abriß durch Quetschung oder Dehnung bis zu physiologischen Unterbrechungen ohne anatomisch sichtbare Läsion.

## 6. Rückenmarksverletzung in Abhängigkeit von der Höhe der Wirbelläsion

Bei Farago werden 23 Fälle von $C_1$, $C_2$-Geschädigten aufgeführt, wobei nur einmal eine Querschnittslähmung auftrat, und zwar bei Luxation um Wirbelkörperbreite. Norton beschreibt 16 Verletzungen der Kopfgelenke. In 3 Fällen trat eine Schädigung des Rückenmarks auf. Wellmer gibt 4 Luxationen bzw. Brüche an $C_2$ an, darunter befand sich nur ein Todesfall. Bei Lindenberg befindet sich unter 10 Fällen nur ein Patient mit neurologischen Ausfällen. Ganz im Gegensatz hierzu berichtet Bürkle de la Camp (1959) über eine hohe Sterblichkeit bei $C_1$-$C_4$ Schädigungen. Der Widerspruch liegt vielleicht in der unzulässigen gemeinsamen Betrachtung von Dens-Verletzungen und anderen Kopfgelenkverletzungen. Gerade in neuerer Zeit mehren sich Beobachtungen von Dens-

frakturen ohne neurologische Komplikationen.
Gelehrter weist auf die Gefahr beim Zerreißen des ligamentum transversum dentis hin; dies, und nicht der bloße Abbruch des Dens, verursacht die gefürchteten Oblongatazermalmungen. Das unverletzte Ligamentum hält nämlich den abgebrochenen Dens am Atlasbogen fest. Die Beobachtungen von Norton (6 Fälle) und Farago (5 Fälle) an Densfrakturen erhärten diese Feststellungen. Weiterhin spricht auch die verhältnismäßig große Beweglichkeit des Rückenmarks im oberen Zervikalbereich für diese Beobachtungen.

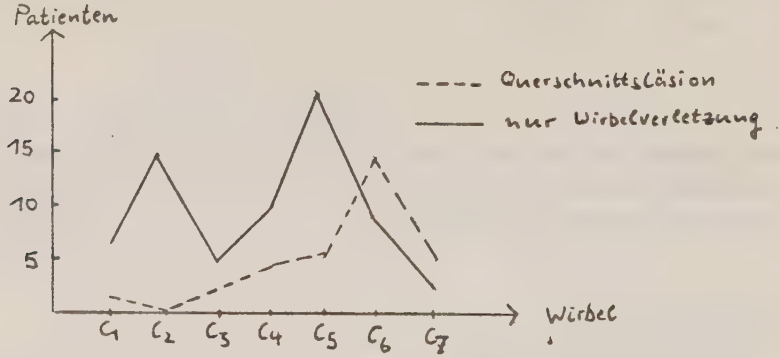



Abb. 4 (Krankengut von Farago)

In Abb. 4 sieht man deutlich eine Häufung der Querschnittsläsionen bei $C_6$, während sie bei $C_2$ nur selten zu finden sind. Dies wird auch von Anguin mitgeteilt. Bei ihm treten nach $C_1$, $C_2$ Traumen in 22 % Rückenmarksverletzungen auf, davon starben 24%. Traumen im Bereich $C_3$ - $C_7$ führen in 49 % zu Rückenmarksverletzungen, davon starben 35 %. Haben wir bei $C_{1,2}$ große Beweglichkeit des Rückenmarks, so befindet sich bei $C_6$ die engste Stelle des Rückenmarkkanales (Payne, Jirout).

## 7. Die Beweglichkeit des Halsrückenmarks

Jan Jirout untersuchte 120 Personen röntgenologisch. Mit Hilfe der Gasmyelographie stellte er mögliche Verschiebungen des

Rückenmarks in den einzelnen Halsabschnitten fest.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bei | $C_1$ | ergab sich | eine | Verschiebung | von | 4,2 mm |
| Bei | $C_1$-$C_3$ | " | " | " | " | 3,4 mm |
| Bei | $C_6$ | " | " | " | " | 5,1 mm |

Rückenmarkverschiebungen sind in verschiedenen Höhen der Wirbelsäule verschieden groß, wobei aber die Unterschiede in der Beweglichkeit konstant sind. Die kleinste Beweglichkeit befindet sich bei $C_3$, sie wird sowohl nach kranial als auch nach kaudal größer. Weiterhin ist der Grad der Bewegung vom Durchmesser des Wirbelkanals unabhängig, er ist im engen kaudalen Bereich größer als im weiten kranialen Teil.

## 8. Verteilung der Rückenmarksbeteiligung auf die Verletzungsform der Halswirbelsäule

| | Norton | Gelehrter | Farago | Lindenberg | Ostapowicz | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| WK-Fraktur + Bogenbr. | 7 | | | 2 | | |
| Körperfraktur | 7 | 11 | 2 | 4 | | 22 % |
| Dislokations-fraktur | 13 | 23 | 17 | 4 | | 63 % |
| Dislokation | 5 | 23 | 11 | 2 | | |
| isolierter Bogenbr. | | 1 | | | | 16 % |

Die eindeutig gefährlichste Verletzungsart ist die Luxationsfraktur, gefolgt von der Luxation und den Wirbelkörperbrüchen. Verhältnismäßig selten werden Querschnittssyndrome nach Spinalfraktur oder Kantenabriß beschrieben. Der von Böhler und Gelehrter beschriebene "rettende Bogenbruch" findet bei Farago keine Bestätigung. Unter 70 Frakturen und Luxationen ohne Bogenbruch befanden sich 21 Rückenmarksbeteiligungen, während Farago bei gleichzeitigem Bogenbruch unter 34 Patienten 11 Rückenmarksverletzungen finden konnte.

## 9. Halswirbelschaden und neurologisches Syndrom

Allgemein anerkannt soll die Schwere der Rückenmarksverletzungen in direktem Verhältnis zum Ausmaß der Halswirbelverletzung sein, zumal, wenn der rettende Bogenbruch fehlt. Doch wird immer mehr hervorgehoben, daß es auch schwere bis schwerste Rückenmarkssyndrome gibt, die, selbst bei Berücksichtigung der feinsten Röntgenveränderungen, keine bzw. nur minimale Halswirbelverletzungen zeigen. Als Erklärung hierfür wird häufig eine Spontanreposition durch die Halsmuskeltätigkeit gefordert (Beugert, Brooks). In neuerer Literatur wird dieser Mechanismus von Baraquer, Bordas und Forsyth angezweifelt. Röntgenologische Untersuchungen nach Füllung des Duralsackes mit Lipiodol von Gelehrter und Vittali zeigen, daß ein Druck des Bogens auf das Rückenmark erst bei mindestens einseitiger Verhakung zustande kommt. Damit ist die Möglichkeit einer Spontanreposition ohne Manipulation nicht gegeben. Andererseits sind auch Fälle hochgradiger Luxationen bis zu Wirbelkörperbreite, ohne jegliche neurologische Schädigung oder mit rascher Restitution, beschrieben worden (Funke, Spängler, Stern).

Bei Farago:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Luxation | um | 1/3 | WK-Breite | 14 | Fälle, | davon | 3 | Querschnittssyndrome |
| " | " | 1/2 | " | 15 | " | " | 5 | " |
| " | " | 1 | " | 3 | " | " | 3 | " |

Mehrere Umstände fördern wohl die Möglichkeit solcher neurologisch symptomarmer Halswirbeltraumen. Einmal ist es die weitgehende Variation der Wirbelkanaldurchmesser (Payne), eventuell ein Drittel bis die Hälfte des Durchschnittswertes. Zweitens kann der verrenkte Wirbel, falls der hintere Bandapparat gerissen ist, um die Frontalachse kippen, damit hat das Rückenmark Platz zum Ausweichen. (Gelehrter)

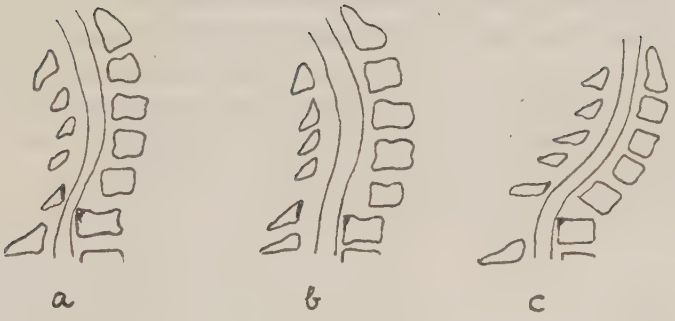



Abb. 5 (n.Gelehrter) Das Verhalten des Rückenmarks bei Luxationen
a) Lux. um 1/2 WK-Breite nach vorne, Rückenmark wird gequetscht
b) Lux. um 1/2 WK-Breite nach vorne, +Bogenbruch (rettender Bogenbr.)
c) Lux. um 1/2 WK-Breite + Kippung, Rückenmark kann ausweichen

Auch die Höhe der knöchernen Läsion entspricht bei den motorischen Symptomen nicht immer dem Rückenmarksegment der beeinträchtigten Reflexe oder Muskeln. Die Luxation befindet sich häufig höher. Es kommen Lähmungen der Handmuskeln bei $C_1$-, $C_4$- oder $C_5$-Schäden vor (Farago). Hier dürfte es sich dann um eine Läsion der Corticospinalbahnen, die zu den motorischen Vorderhornzellen führen, handeln. Ihre periphere Lagerung läßt sie besonders empfindlich auf Quetschung reagieren. Quetschungen können Minderdurchblutungen hervorrufen, diese wiederum könnten die unterschiedliche Höhenverteilung der Halswirbelsäulenschädigung und ihrer neurologischen Bilder erklären. Es ist wichtig hierbei festzustellen, daß das Rückenmark keine segmentale Blutversorgung besitzt.

## 10. Neurologische Symptome

Eine differenzierte Aufstellung über die Häufigkeit der neurologischen Symptome ist äußerst schwierig. Einmal wird nur mitgeteilt, ob neurologische Ausfälle auftraten (z.B. Norton), dann wiederum wird auf verschiedene Symptome geachtet (Poeck), was eine vergleichende Zusammenstellung fast unmöglich macht.

Am ausführlichsten hierüber hat Farago berichtet:

| | ohne Querschnitt | mit Querschnitt |
|---|---|---|
| Reflexminderung | 35 | 34 |
| keine " | 35 | -- |
| Parese bis Paralyse | 23 | 33 |
| keine " " | 47 | 1 |
| Sensibilitätst. | 24 | |
| keine " | 46 | |
| Fernsymptome ohne Lähmung | 27 | |
| keine " " " | 43 | |
| Fernsymptome mit Lähmung | | 34 |
| keine " " " | | -- |
| Sensibilitätsst.der Paraplegiker in der Läsionsgegend | | 31 |
| keine " " " " | | 3 |

## 11. Das zentrale akute Halsmarkssyndrom

Das neurologische Syndrom besteht aus:

a) Schlaffe Lähmung der Hände vom Typ der Vorderhornläsion;

b) kurzdauernde, meist innerhalb von Minuten oder Stunden (in seltenen Fällen einige Tage) zurückgehende Paresen der unteren Gliedmaßen;

c) schmerzhaftes Brennen der Arme und Hände, verbunden mit einer parästhetischen Hyperpathie, die nur als Zeichen einer Hinterhornläsion betrachtet werden können;

d) Hyperästhesie

e) vorübergehende Sphinkterstörungen mit Harn- und Stuhlverhaltung;

f) schmerzhaftes Vorwärtsbeugen der Halswirbelsäule.

R.C.Schneider (1954) kennzeichnete diese Symptomatik mit zentraler Halsmarksschädigung (häufig kurz Schneider-Syndrom genannt), weil in erster Linie vom Rückenmarksquerschnitt die Region der Hinterhörner, der im Halsmark medial gelegenen Anteile der Hinterstränge, der Pyramidenbahn und des Vorderseitenstrangs betroffen sind. In der von mir durchgesehenen Literatur werden 65 Fälle eines akuten zentralen Halsmarkssyndrom beschrieben. Der Verletzungsmechanismus ist immer gleich: Überdehnung der Halswirbelsäule durch Sturz. Goutelle hat 100 Rückenmarksbeteiligungen nach Halswirbelsäulenverletzungen beschrieben. In 13 Fällen handelt es sich um ein akutes zentrales Halsmarkssyndrom.
Die 52 Fälle von Kuhlendahl, Barraquer, Bordas und Vlakovitch zeigten weder Wirbelbrüche noch Luxationen. Die Prognose ist trotz der schweren neurologischen Symptomatik günstig. Gewöhnlich setzt innerhalb eines Tages eine regressive Entwicklung ein, die an den unteren Extremitäten beginnt und langsam über eine Normalisierung der Sphinkterstörung die Arme und Hände erreicht. 3 von 12 Fällen verliefen tödlich.

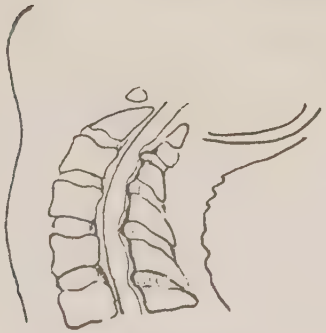
Verletzungsmechanismus beim akuten zentralen Halsmarkssyndrom

3 Faktoren scheinen verantwortlich zu sein.

1. mechanischer Faktor: Faltung des lig.flava
   Enge des Rückenmarkkanals, arthrotische Läsion
2. vaskulärer Faktor
3. dynamischer Faktor

Durch pathologisch-anatomische Befunde (Schneider) sowie durch experimentelle Kontrastuntersuchungen (Alexander, Taylor) ist überzeugend nachgewiesen worden, daß die Halsmarksverletzung durch eine momentane Quetschung entsteht, die durch Einwölbung des ligamentum flavum bei extremer Hyperextension verursacht wird. Kuhlendahl spricht von einem Kneifzangenmechanismus.

Abb. 6

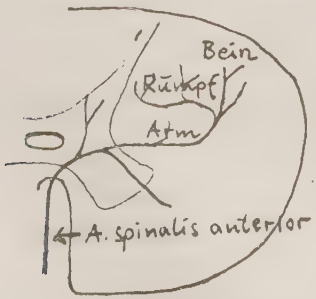


Kneifzangenmechanismus

Dieser Mechanismus kann eine Drosselung der Blutzufuhr der Arteria spinalis anterior und so eine Ischämie im Zervikalmark zur Folge haben. Auch die klinischen Zeichen lassen sich gut mit einer Verletzung dieser Arterie erklären. Dieses Gefäß versorgt die vorderen 2/3 des Rückenmarks (Vordere Hörner, Pyramidenbahn, Traktus spinothalamikus und rubrospinalis) (Chakravorty).

Da die Fasern der unteren Extremitäten nur von Endästen erreicht werden, macht sich bereits geringe Durchblutungsstörung hier bemerkbar. Chakravorty beobachtete häufig zuerst Schwäche in den unteren Extremitäten. Auch Tönnis machte diese Feststellung.

Abb. 7




Durchblutungsverhältnisse des Rückenmarks, im Querschnitt dargestellt.

Eine Drosselung der Blutzufuhr ist besonders leicht möglich bei verengtem Sagittaldurchmesser des Rückenmarks. Bis auf einen Fall entspricht bei Bordas die Höhe des neurologischen Ausfalls der engsten Stelle im Rückenmark. Shimomura beobachtete in experimentellen Untersuchungen am Hund, daß die arteria spinalis anterior nur das ventrale Drittel des Rückenmarks versorgt

und nicht die laterale Pyramidenbahn. Diese wird ausschließlich durch den Pial-Plexus, einer Anstomose zwischen ventraler und dorsaler Spinalarterie, versorgt. Durch Obstruktion dieses Plexus konnte Shimomura eine Hemiplegie erzeugen.
Auf die Wichtigkeit, die Knochenveränderungen bei Halsmarksschädigungen spielen, weist Vlakovitch hin. Er untersuchte 40 Fälle. 8 Patienten zeigten eine normale Halswirbelsäule, 21 eine Halswirbelarthritis und 11 eine angeborene Veränderung. Auf die Bedeutung von Chondrose im Zusammenhang mit dem Kneifzangenmechanismus weist auch Kuhlendahl hin.

## 12. Migraine cervicale

Die von Bärtschi-Rochaix nach extremer Halswirbelsäulen-Flexion beobachtete Migraine cervicale mit halbseitig pulsierendem, bis in das Trigeminusgebiet ausstrahlendem Kopfschmerz und Augenflimmern, kommt manchmal vor. Bei Kramer in 16 Fällen von 85 Patienten, bei Janzen in 4 Fällen unter 50 Patienten. Kuhlendahl, Janzen und Müller sind sich einig, daß diese Diagnose viel zu häufig gestellt wird.

## 13. Verletzungen der Halswirbelsäule bei Hyperextension und bei Hyperflexion

Gelehrter berichtet, daß 90 % der Halswirbelsäulenverletzungen durch Hyperflexion und 10 % durch Hyperextension entstanden sind. Reine Stauchungen sind sehr selten. Bei Barnes sind etwa 70 % der Halswirbelverletzungen mit Querschnittsläsion durch Flexion, 30 % durch Hyperextension verursacht; bei Farago 80 % durch Flexion, 20 % durch Extension.

### a) Hyperflexionsverletzungen

Die Hyperflexion bewirkt zunächst einen Riß der dorsalen Bänder (lig.interspinosum, lig.flavum), dann eine Zerreißung der

Bandscheibe, wodurch die Sperre durchbrochen ist, und eine Dislokation nach vorne stattfinden kann. Das vordere Längsband bleibt erhalten, es folgt lediglich eine Ablösung vom unteren Wirbel. Da bei den Flexionsverrenkungen sowohl biegende als auch scherende Kräfte einwirken, können auch Brüche am Wirbelskelett entstehen. Unter den Brüchen überwiegen die Wirbelkörperbrüche, die in Form von Kompressionsbrüchen bzw. Abscherungen der vorderen oberen Kante vorkommen. Selten sind Brüche des Bogens und seiner Fortsätze.

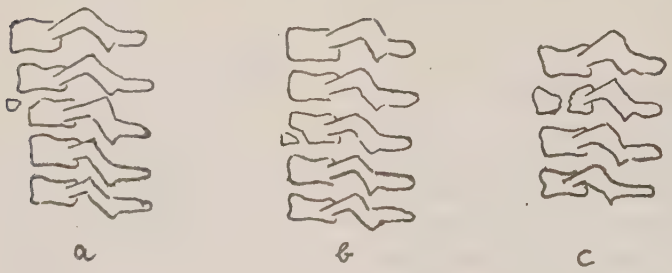



Abb. 8 Die häufigsten knöchernen Verletzungen nach Hyperflexion
a) Verrenkung mit Abscherung der vorderen oberen Wirbelkörperkante
b) Einbruch der unteren Deckplatte und Abbruch der unteren Wirbelkörperkante
c) Zertrümmerung des Wirbelkörpers

b) Hyperextensionsverletzungen

Eine Prädisposition für alle Hyperextensionsverletzungen der Halswirbelsäule bildet der Altersrücken und Spondylose. Ein jüngeres Individuum fängt meist ein Trauma auf die Halswirbelsäule reflektorisch durch Beugung des Kopfes, die zu einer Abflachung der Halslordose führt, ab. Dadurch kann es nur zu einer Verletzung mit Flexionsmechanismus kommen. Im höheren Alter ist eine Verstärkung der Brustkyphose und damit kompensatorisch auch der Halslordose vorhanden. Diese Krümmungen

sind bei Vorhandensein spondylotischer Veränderungen relativ fixiert. Der oben geschilderte Abwehrmechanismus ist dann nicht mehr gegeben, und es kommt zum Trauma im Sinne einer Hyperextension (Gelehrter, Vittali).

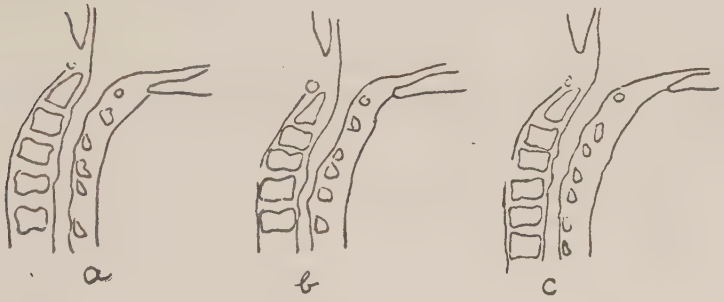



Abb. 9 Grundtypen der Hyperextensionsverletzungen nach Gelehrter
a) einfache Hyperextensionsverletzung
b) Riß des vorderen Längsbandes
c) Verrenkung nach hinten

Bei geringer Gewalteinwirkung findet man kleine Abrisse der vorderen unteren Wirbelkörperkante, aber auch Bogenbrüche und Dornfortsatzbrüche treten auf. Bei entsprechender Gewalteinwirkung kann es schließlich zu einem Einriß des vorderen Längsbandes kommen (im Experiment bei Belastung von 170 kg; Davis). Gleichzeitig reißt die Bandscheibe ein bzw. sie löst sich vom Wirbel. Bei Längsbandriß treten immer Querschnittslähmungen auf, mit Ausnahme bei $C_2$, $C_3$ (Gelehrter).

C

# Das Peitschenschnurtrauma

## I. VORKOMMEN

### 1. Altersverteilung beim Peitschenschnurtrauma

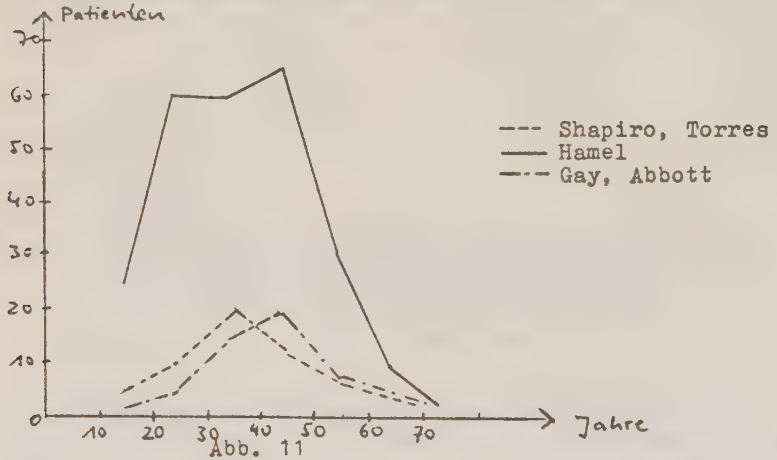



Abb. 11

Das durchschnittliche Alter liegt hier recht einheitlich bei 40 Jahren. Es liegt somit deutlich unter dem der übrigen Halswirbelsäulenverletzungen. Dies ist keineswegs überraschend, repräsentieren doch Verkehrsteilnehmer im Durchschnitt eine jüngere Gruppe als die Gesamtbevölkerung.

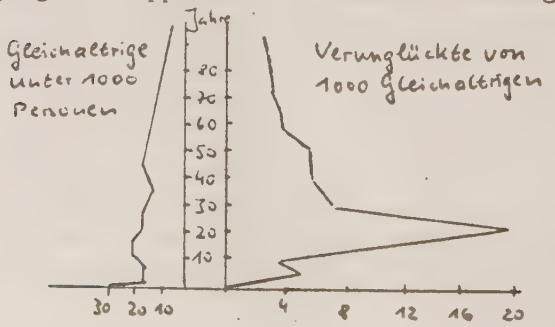



Abb. 12

Altersaufbau der Gesamtbevölkerung und der an Verkehrsunfällen Beteiligten (Darst. nach dem Statistischen Landesamt Baden-Württemberg).

Die Tatsache, daß die 20-jährigen das Gros der Verletzten darstellen, während das Schleudertrauma gehäuft 40 - 50 - jährige betrifft, könnte ein Grund für die oft als begünstigenden Faktor beschriebene Wirbelveränderung sein. Sicherlich spielt auch der mit dem Alter nachlassende Turgor der Zwischenwirbelscheiben mit.

## 2. Geschlechtsverteilung

| | männl. | weibl. |
|---|---|---|
| Shapiro, Torres | 26 | 21 |
| Hamel | 115 | 135 |
| Gay, Abbott | 15 | 35 |
| Gates | 25 | 45 |

Hatten wir bei der allgemeinen Betrachtung der Halswirbelsäulenverletzungen 80 % Männer, so machen hier überraschend Frauen mehr als 50 % aus. Noch überraschender wirkt diese Feststellung, wenn man sie in Zusammenhang bringt mit der Verkehrsbeteiligung des weiblichen Geschlechts.

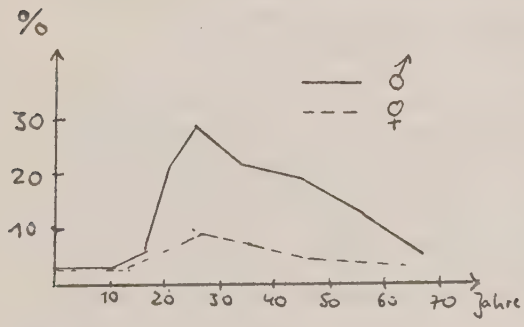



Abb. 13 n. Gögler
Stationäres Krankengut der Chir. Universitätsklinik Heidelberg 1952-1955

Beispiel: Unter 100 stationär eingewiesenen Verkehrsverletzten waren 28% im Alter von 20-30 Jahren, dabei 10% Frauen. Aus Abb. 13 sieht man, daß jeder dritte Unfallverletzte eine Frau ist. Nimmt man dieses Krankengut als Durchschnitt an, so kommt auf 3 männliche Verkehrsteilnehmer 1 weiblicher.

Ähnliches berichtet auch Rune Andreasson: 60 % der 18-jährigen in Stockholm besitzen einen Führerschein, aber nur 25% der Mädchen.

Zwei Gründe lassen die überraschend erscheinende Feststellung erklären.

a) Frauen sind häufig Beifahrerinnen. Sie sind entspannt und am Verkehrsgeschehen nicht beteiligt. Dies begünstigt den Verletzungsmechanismus derart, daß bei Schleuderung die freibewegliche, durch Muskeln nicht gehaltene Halswirbelsäule eine größere Bewegung ausführen kann. In der Statistik von Dagradi sind die Fahrer in nur 25% vom Peitschenschnurmechanismus betroffen. Er betrachtete die Gesamtzahl der Fahrer, Beifahrer und Fahrgäste auf den hinteren Sitzen und kam zu dem Ergebnis, daß die ersteren in 2,5 %, die zweiten in 10 % und die Fahrgäste in 6,6 % einen Peitschenschlag erlitten hatten. Hiermit hat er an einem großen Krankengut (1500) eindeutig eine von vielen Autoren beschriebene Beobachtung bewiesen.

b) Der Halteapparat der Halswirbelsäule,(Bänder, Muskeln) ist bei der Frau viel schwächer ausgebildet als beim Mann. Die auftretenden Kräfte sind jedoch die gleichen.

## II. DAS ZERVIKALSYNDROM

Alle zervikalen Symptome entsprechen direkt Läsionen des Halses, sie erklären sich aus den örtlichen Verletzungsfolgen. In der Literatur findet man häufig den etwas diffusen Begriff Zervikalsyndrom, der alle Schmerzen der oberen Extremität und des Halses zusammenfassen soll.

Zu den zervikalen Symptomen gehören Hinterhaupt-, Nacken-, Schulter- und Armschmerz; Zwangshaltung, Hartspann, Segmentalneuralgie, Steilstellung der Halswirbelsäule, Gelenkblockierung und Frakturen. Diese Symptome treten gewöhnlich im Laufe von 24 Stunden auf.

Häufigkeit des Zervikalsyndrom

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Hamel | 98 % | = | 240 | Patienten |
| Gay, Abbott | 70 % | = | 35 | " |
| Honiki | 74 % | = | 50 | " |
| Schutt | 100 % | = | 74 | " |
| Gerstenbrand | 100 % | = | 12 | " |
| Braaf | 100 % | | | |

## 1. Anatomische und physiologische Grundlagen des Zervikalsyndrom

### Die arteria vertebralis

Die arteria vertebralis entspringt an der konvexen Seite des Subclaviabogens, zieht dann durch die foramina costotransversaria des 6.-1. Halswirbels, läuft im sulcus arteriae vertebralis des atlas medianwärts und durchbohrt dann die membrana atlantooccipitalis posterior. Wie kein anderes Gefäß tritt diese lebenswichtige Arterie in unmittelbare Nähe eines äußerst beanspruchten Doppelgelenks. In doppelt gewundenem Weg (um den Dens und den Atlas) liegt sie unmittelbar neben dem Atlanto-epistropheal- sowie dem Atlantooccipital-Gelenk.

Pathogenetisch zu berücksichtigen ist die häufige Kaliberschwankung und Verlaufsanomalie (in 40 %, Kunert), wodurch besonders unter extremen Kopfbewegungen Durchblutungsstörungen hervorgerufen werden können. Vor allem dann, wenn noch andere Faktoren wie sklerotische Gefäßverengung, Wirbel- oder Gelenkexostosen oder Thrombosen hinzutreten. (s.Abb. 14)

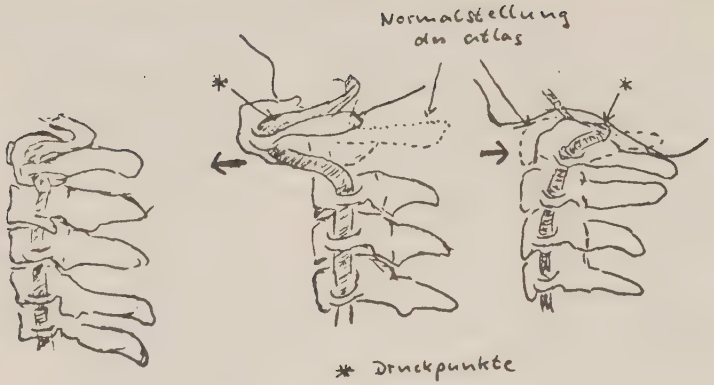



Abb. 14 n. Zander

Die Abbildung zeigt die Bewegung der arteria vertebralis bei maximaler Flexion (b), bei maximaler Extension (c) und in Normalstellung (a)

Nervus vertebralis

Um die Erstbeschreibung und Untersuchung des sogenannten N.vertebralis haben sich besonders französische Anatomen und Physiologen bemüht. Es waren der Physiologe Franck und der Anatom Hirschfeld. Nach übereinstimmender Ansicht geht der n.vertebralis aus dem ganglion stellatum oder aus dem ganglion $Th_1$ hervor. Er ist aber kein einzelnes Gebilde, das die arteria vertebralis von kaudal nach kranial begleitet. Nur bis zum 5.Zervikalnerv ist sein Verlauf einheitlich. Einige Autoren verfolgen einzelne Zweige vom ganglion zervikale mediale oder superior bis zu $C_1$. Im intrakraniellem Abschnitt der a.vertebralis treten Fasern des n.vagus, des accessorius und des hypoglossus an sie heran (Kunert).

## 2. Neurophysiologische Grundlagen des Zervikalsyndroms

Bei Bewegungen der Halswirbelsäule, insbesondere beim Peitschenschlagmechanismus, ist der Spinalnerv $C_2$ besonders

gefährdet. Er liegt ungeschützt zwischen Atlas und Dreher, den beiden beweglichsten Halswirbeln. Es sei erwähnt, daß der 2.Spinalnerv sich als großer Occipital-Nerv über das gesamte Hinterhaupt erstreckt.
Weiter besteht in der medulla oblongata eine Verbindung zum n.trigeminus. Dadurch können Schmerzen bis auf die Stirn übertragen werden. Auch die häufig angegebenen Schmerzen hinter dem Auge sind dadurch verständlich.

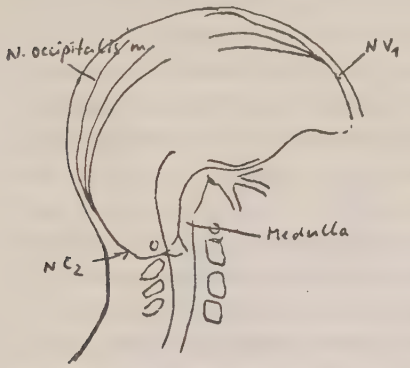



Abb. 15 n.Seletz

Die anatomische Grundlage für den hemikraniellen Schmerz ist also gegeben. Durch starke Bewegung in den Kopfgelenken wird $C_2$ verletzt, wodurch über oben beschriebene Bahnen der einseitige Hinterhauptschmerz auftritt (Seletz). Muskelspasmus des m.trapezius und des m.stenocleidomastoideus ist nicht auf direkte Läsion der Muskeln zurückzuführen, sondern auf Überdehnung der Filamente des n.accessorius, die bis in den kaudalen Teil des Halsmarkes reichen (Seletz).

3. Häufigkeit von Nacken- und Kopfschmerz

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kopfschmerz | Gay, Abbott | 70 % = 35 | Patienten |
| | Schutt | 70 % = 52 | " |
| | Haniki | 84 % = 59 | " |
| | Hamel | 73 % = 182 | " |

Insgesamt: 74 %

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nackenschmerz | Gay, Abbott | 100 % | = 52 | Patienten |
| | Schutt | 100 % | = 74 | " |
| | Haniki | 67 % | = 47 | " |
| | Hamel | 98 % | = 247 | " |

Insgesamt: 95 %

Der Nackenschmerz tritt generell früher und häufiger auf als Kopfschmerz. Leider wird in großen Statistiken nur hingewiesen, daß Kopfschmerz unmittelbar oder verzögert auftrat (z.B. Hamel). 2 Fälle von sofortigem Kopfschmerz werden beschrieben. Einmal vergingen 3 Wochen, einmal 10 Tage, einmal 3 Tage, viermal 1 Tag, bis der Occipitalschmerz einsetzte. In etwa 90 % der Fälle trat der Kopfschmerz etwa nach 2-3 Stunden auf. Bei Bewegung, speziell bei Rotation, verstärken sich die Schmerzen.
Die zeitliche Verschiebung ist folgendermaßen zu erklären: Vom Augenblick der Quetschung des 2.Zervikalnervs an ist dieser funktionslos. Untersuchungen bewiesen die Vermutung, daß unmittelbar nach dem Unfall eine Hypalgie oder Anästhesie nachweisbar ist. Erst mit der beginnenden Erholung des Nerven erscheint der Schmerz (Seletz).

## 4. Nacken- und Schultersteife

Die Nacken- und Schultersteife geht auf eine Überdehnung der Fasern des Nervus accessorius im Halsmark zurück.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Hamel | 85 % steifer Nacken | = 210 | Patienten |
| Schutt | 100 % steifer Nacken | = 74 | " |
| Honiki | 69 % steife Schulter | = 50 | " |
| | 24 % steifer Nacken | = 20 | " |

Pruce gibt an, daß sich innerhalb von 24 Stunden, Braaf innerhalb von 1-2 Tagen, diese Symptomatik einstellt, bei Schutt sollen die Beschwerden manchmal nach Tagen oder Wochen zunehmen. Einmal wird über unmittelbare Nackensteife berichtet (Gay); zweimal (Müller) über eine Verspannung der

Schulter und des Nackens nach Tagen.
Der Muskelspasmus im Hals-Schulterbereich wird in etwa 90 % angegeben, der Zeitfaktor beträgt im Mittel etwa 2 Tage.

## 5. Verletzungen der Halswirbelsäule; Brüche, Luxationen

Verletzungen der Halswirbelsäule beim Peitschenschnurtrauma werden nur selten beschrieben. Angesichts dieser Tatsache scheint mir die Feststellung Göglers, daß bereits Geschwindigkeiten von 15-20 km/Std. ausreichen würden, um Berstungs- bzw. Luxationsfrakturen der Halswirbelsäule zu erzeugen als falsch Bei diesen Geschwindigkeiten würden sich die Insassen noch gar nicht von ihren Sitzen lösen (!). Hamel konnte bei reinen Whiplash-Injuries (250) keine Luxation bzw. Frakturen nachweisen. Er glaubt deshalb bei Wirbelverletzungen nicht vom Peitschenschnurtrauma sprechen zu dürfen. Sicherlich ist die röntgenographische Auswertung der Halswirbelsäule besonders schwierig. Viele Verletzungen sind kaum oder gar nicht darstellbar, da ja bei der röntgenographischen Aufnahme jegliche Manipulation vermieden werden soll. Prädilektionsstellen für derartige Verletzungen sind die untere Halswirbelsäule und die Kopfgelenke. Dagradi untersuchte 1500 Verletzte, die einen Peitschenschlag erlitten hatten; in nur 90 Fällen (= 6%) hatte dieses Geschehen klinische Bilder hervorgerufen. Der Kopfhalteapparat wird nach Müller in 10 % erfaßt.

Beobachtete Brüche bzw. Lux.
- 3 x Densfraktur
- 3 x Bogenfraktur
- 1 x Lux. $C_2$, $C_3$
- 1 x Kompressionsfraktur $C_3$
- 3 x Luxation $C_5$
- 3 x Luxation $C_6$
- 4 x Fraktur $C_7$ (Apophyse, Kantenabriß, Querfortsatz, Wirbelkörper)

5 x wird ein Hinterhauptsabriß beschrieben. Ruth Jackson berichtet, daß die häufigste Fraktur der Bruch der Gelenkfortsätze ist. In der hier durchgesehenen Literatur konnte aber nur ein Fall gefunden werden.
Hinz untersuchte 41 Verkehrstote nach schweren Verkehrsunfällen. Eine Schleuderung konnte immer angenommen werden. Er beobachtete Luxationen und Frakturen sehr selten.
3 x Luxationsfraktur mit Halsmarksquetschung, 1 x Kompressionsfraktur $C_4$, 1 x Densfraktur, 1 x Atlasbogenfraktur.

Häufigkeit der Brüche und Luxationen

| | | |
|---|---|---|
| Gay, Abbott | 2 unter 50 | Patienten |
| Sollmann | 1 unter 12 | " |
| Wellmer | 1 unter 23 | " |
| Wellmer, Larena | 13 unter 286 | " |
| Hinz | 6 unter 41 | Verkehrstoten |
| Gissane | 35 unter 315 | " |

Im Durchschnitt trat also bei ungefähr 4% eine Wirbelverletzung auf.

Verletzungen im Disco-ligamentären Bereich

Hinz fand Bandscheibenzerreißungen als beinahe regelmäßigen Befund bei Verkehrstoten nach Schleuderverletzungen. Rupturen der Zwischenwirbelscheiben im Bereich $C_{3/4}$ standen mit 30 % an der Spitze derartiger Verletzungen, gefolgt von Zerreißungen der Segmente $C_{5/6}$ und $C_{2/3}$. Die Einrisse befanden sich immer kontralateral zur Hauptschleuderungsrichtung. Ablösung der Bandscheiben konnte nur in 7% festgestellt werden. Horwich gibt an, daß in 2% der Whiplash-Injuries Zwischenwirbel operativ behandelt wurden. Sicherlich würden auch Fälle von Bandscheibenverletzungen öfters diagnostiziert (hier nur ein beschriebener Fall), wenn man die zur Verfügung stehenden Mittel konsequent einsetzen würde (Röntgenkinematographie, Diskographie). Gay und Abbott berichten von 13 Fäl-

len (= 26%), bei denen vorstehende Wirbelscheiben festgestellt werden konnten. Diese Patienten hatten über Wochen Schmerz und Mißempfinden bis in die obere Extremität.

## 6. Verletzungen des unteren Rücken

Bei schweren Auffahrunfällen und bei keiner Verwendung eines Sicherheitsgurtes treten in der Lumbalgegend gewaltige Scherkräfte auf. Das Becken wird bei der plötzlichen Verzögerung nach rückwärts in die Sitzlehne gepresst. Es folgt die unmittelbare Anteflexion des gesamten Oberkörpers. Durch diesen Mechanismus werden besonders die lumbosakralen Bänder stark beansprucht. Besonders gefährdet sind Insassen in Sitzen mit steilgestellter Lehne. Die maximale Beanspruchung liegt in den Lumbalwirbeln.

Abb. 16 Die Wirkung des Peitschenschnurmechanismus auf die gesamte Wirbelsäule

Gay und Abbott beobachteten in 4 Fällen einen Bandscheibenvorfall im Bereich $C_4$ oder $C_5$, in 6 Fällen konnte er eine Lumbosakral-Radikulitis beobachten.

| Häufigkeit: | Pruce | "selten" |
|---|---|---|
| | Gay, Abbott | 30% |
| | Hamel | 33% |

## 7. Brachialgie

Gefährdete Stellen der Halswirbelsäule beim Peitschenschnurmechanismus sind die Kopfgelenke und die unteren Halswirbel. Auf die Folgen, die bei Quetschung von $C_2$ auftreten, wurde ausführlich eingegangen. Ein ähnlicher Mechanismus ist für $C_{6/7}$ zu beschreiben. Hier ist die Beweglichkeit der Wirbel in Sagittalrichtung ebenfalls sehr groß, wodurch eine Spinalnervenquetschung erleichtert wird. Die Nervenwurzeln sind von lockerem Bindegewebe umgeben. Es handelt sich um ein sehr gefäßreiches Gewebe, das leicht Stauungen, Blutungen, Ödembildungen und Entzündungen unterworfen sein kann. Von dieser anatomisch-pathologischen Sicht aus ist das Symptom der Segmentalneuralgie leicht verständlich. Interessant ist das gehäufte Auftreten des unteren Zervikalsyndrom bei älteren Patienten. Ein Zusammenhang mit Knochenveränderungen, die ja besonders diesen Bereich betreffen (Kuhlendahl), liegt nahe. Meistens setzt mit dem Nackenschlag durch das Umkippen des Kopfes nach dorsal unmittelbar ein heftiger, brennender Schmerz in die Ulnarseite der Unterarme und Hände ein. In einem Fall trat ein leichter Schmerz erst nach einer halben Stunde auf. Coppola berichtet, daß der Schulter-Arm Schmerz "nicht selten nach Wochen bis Monaten" auftreten kann. Auch Pruce ist dieser Meinung. Unter den 11 in der Literatur ausführlich beschriebenen Fällen einer Brachialgie befinden sich nur zwei, die diese Meinung bestätigen. Es kann sich hier um eine sekundäre Einengung der Spinalnervenaustritte handeln, z.B. durch Ödembildung, Blutung oder Protrusion eines Diskus. Es muß auch an eine eventuelle Verklebung der Dura mit der Nervenwurzel gedacht werden (Seletz). Bei den sofort auftretenden brennenden Schmerzen muß man an eine akute hintere Spinalnervquetschung denken. Die sich anschließenden Parästhesien können Tage und Wochen dauern und sind häufig mit Überempfindlichkeit bei Berührung und Kälte verbunden.
11 Fälle einer Brachialgie werden in der Literatur ausführlich beschrieben. Größere Zusammenstellungen befinden sich bei:

| | | Zahl der Patienten |
|---|---|---|
| Honiki | 56 % = | 39 |
| Hamel | 28 % = | 70 |
| Schutt | 10 % = | 7 |
| Kramer | 20 % = | 16 |
| Kuhlendahl | 50 % = | 25 |
| Sollmann | 20 % = | 3 |

Des öfteren wird auch über eine vorzugsweise linksseitige Ausbreitung der Schmerzen berichtet. In 4 von den 11 ausführlich beschriebenen Fällen war dies der Fall. Die Halswirbelsäule kann, grob anatomisch betrachtet, hierfür nicht verantwortlich gemacht werden. Teilweise jedoch die Linksposition des Herzens. Ihm kommt im vegetativen System eine maßgebliche Rolle zu. "Das Herz vermag eine Reihe von Störungen des ganzen Körpers afferent aufzunehmen und in den Bereich des Herznervensystems, mithin im Sinne eines Quadrantensyndroms in den Abschnitt der Halswirbelsäule und in den Schulter-Armbereich zu projezieren." (Franke)

## 8. Steilstellung und Beweglichkeitseinschränkung der Halswirbelsäule

Eine Steilstellung der Halswirbelsäule tritt in der Literatur recht unterschiedlich oft auf. Sicherlich wird ihr nicht immer die gleiche Aufmerksamkeit zugemessen, obwohl ihr bei der Diagnostik einige Bedeutung zukommt. Hamel registriert sie bei 38%. Die Ursachen dürften in einem Spasmus der praevertebralen Halsmuskulatur zu suchen sein (Pruce). Aber auch die oft beobachteten kleinen Blutungen in den Wirbelgelenken können eine gewisse Bedeutung erlangen. Zusammen mit der Steilstellung wird auch die Beweglichkeit eingeschränkt. Holub findet sie häufig, Müller nur in 25%, Sollmann bei allen Patienten (=11).
Zatzkin verglich 50 Personen, die eine Peitschenschnurverletzung erlitten hatten, mit 35 gesunden Personen röntgeno-

logisch. Auffallende Unterschiede zeigten sich in der Flexionseinschränkung, 60% : 6%, und in der Extensionseinschränkung 80% : 40%. Eine Steilstellung der Halswirbelsäule hingegen konnte er nicht als Kriterium einer derartigen Verletzung anerkennen, da 80% der gesunden Personen eine mehr oder weniger starke Steilstellung aufwiesen. Bei Peitschenschnurverletzungen fand er sie in 98% der Fälle. Beide Symptome treten gewöhnlich erst nach 2-5 Tagen auf.

## 9. Behandlung und Dauer des Zervikalsyndroms

Die Behandlung besteht in Ruhigstellung und Schonung über einige Tage; bei Gelenkblock manuelle Lösung.
In der Beurteilung einer Extensionsbehandlung herrschen verschiedene Auffassungen. Während Seletz, Hamel und Braaf eine Extension in den meisten Fällen empfehlen, wird sie von Müller, Kuhlendahl, Sollmann und Griebel nur nach intensiver Röntgenkontrolle angewandt. Sie sind der Ansicht, daß bei Vorhandensein von degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule durch die Extension eine Verschlimmerung der neurologischen Zeichen eintreten kann. Im allgemeinen wird ein Schanz Wattekragen empfohlen. Ein Gipsverband soll nach Möglichkeit umgangen werden, da hierdurch schon öfters psychoneurotische Komplikationen auftraten. Nach ein bis zwei Wochen kann mit leichten Bindegewebsmassagen begonnen werden. Auch Anwendung von Wärme kann manchmal viel Erleichterung bringen. Bei der Therapie stehen die Schmerzbehandlung und die Verbesserung der Durchblutungsverhältnisse im Vordergrund. Schmitt berichtet von außerordentlich guten Ergebnissen bei Behandlung mit Neurobion $^{R}$ (100 mg Vit.$B_1$, 100 mg Vit.$B_6$, 1000 Vit.$B_{12}$), während das häufig angewandte Vit.$B_{12}$ allein kaum eine Wirkung zeigte.
Die Symptome verschwinden meist nach 3-4 Wochen, können sich aber in hartnäckigen Fällen, insbesondere, wenn eine veränderte Wirbelsäule vorliegt, über mehrere Monate hinwegziehen.

## III. CEREBRALE SYMPTOME

Zu den cerebralen Symptomen zählen:

Bewußtseinsstörung; z.B. Dämmerzustände
optische Phänomene; z.B. Verschwommensehen, Dunkelgrausehen
Gleichgewichtsstörungen; z.B. Tinnitus, Vestibulariskrisen, Nystagmus
vegetative Phänomene; z.B. Kollapsneigung, Übelkeit
und EEG-Veränderungen.

Da diese Symptome ebenso denen einer direkten traumatischen Allgemeinstörung des Gehirns, dem Commotionssyndrom, gleichen, ist die Differentialdiagnose oft schwer. Beide Syndrome stellen terminale Hirnstammreaktionen dar. Eine zusätzliche Kopfprellung ist aber nicht Vorbedingung einer enzephalen Reaktion nach Schleuderung. Sie kann vielmehr deren Auswirkungen komplizieren.

Die Häufigkeit der cerebralen Symptome

| | | | Zahl der Patienten |
|---|---|---|---|
| Gay, Abbott | 62 % | = | 31 |
| Müller | 33 % | = | 55 |
| Kuhlendahl | 56 % | = | 26 |

Die Häufigkeit der cerebralen Symptome ist also deutlich geringer als die der cervikalen Symptomatik, die ja in nahezu 100% der Fälle auftritt.

### 1. EEG-Veränderungen

| | | | Zahl der Patienten |
|---|---|---|---|
| Frankel | 30 % | | |
| Shapiro | 45 % | = | 21 |
| Shutt | 47 % | = | 35 |
| Gay, Abbott | 40 % | = | 20 |
| Kramer | 50 % | = | 42 |

Im allgemeinen traten EEG-Veränderungen in 40% der Fälle auf. Dies entspricht ungefähr der Prozentzahl der EEG-Veränderungen bei mittelschweren Kopfverletzungen, wie Pruce nachweisen konnte. Pruce stellte weiter fest, daß die Art und die topographische Verteilung der Abnormitäten in beiden Gruppen genau die gleichen waren. Ebenso waren die Symptome gleich, mit Ausnahme einer posttraumatischen Bewußtlosigkeit, die in 50% der Fälle mit Kopfverletzungen auftrat, aber nie, zumindest für längere Zeit, beim Schleudertrauma.

Experimentelle Untersuchungen von Friede haben gezeigt, daß die gleichen mikroskopischen Veränderungen wie nach einer Beschleunigungserschütterung des Gehirns im Bereich des ersten Segmentes des Halsmarkes auch nach Dehnungen und Zerrungen gefunden werden können.

diffuse Veränderungen auf arhythmischen Hintergrund,
Sharp und Slow waves temporal links

Abb. 17 EEG nach Peitschenschnurverletzung
(Torres, Archiv of Neurology 5:25)

Ursachen der EEG-Veränderungen

a) Direkter Einfluß der Beschleunigung bzw. der Abbremsung auf das Gehirn. Ommaya, Gurdjian und Sellier haben durch experimentelle Traumatologie und durch Analyse anatomischer Hirnläsionen zeigen können, daß Scher- und Torsionskräfte entscheidend für die Verformung des Schädelinhaltes und damit die Faktoren der passiven Hirnschädigung sind. Diese Kräfte werden auch bei Schleuderungen des Kopfes wirksam. Besonders betroffen sind hierbei neben dem gesamten Gehirn hohes Halsmark und Hirnstamm. Bei maximaler Retroflexion kommt es in erster Linie zu einer Stauchung der Pons-Oblongata-Region, bei Anteflexion zur Dehnung, besonders im 4.Ventrikel. Das gesamte Gehirn hat bei der Streckung die Tendenz, sich nach vorne, bei der Beugung dagegen sich nach hinten zu bewegen.

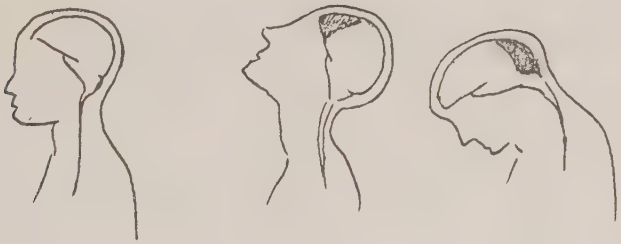


Abb. 18 Bewegungen des gesamten Gehirns beim Schleudermechanismus n. Dagradi

Nach Dagradi kommen folgende Schädigungsmöglichkeiten in Frage: a) Erhöhung des endokraniellen Druckes, besonders im Bereich des kraniozervikalen Überganges. b) Verschiebung der Gehirnoberfläche gegenüber der dura mit Abriß von Brückennerven (s.Abb. 18). c) Prellungen der Hirnoberfläche an den Unregelmäßigkeiten der vorderen Schädelgrube, den scharfen Kanten der ala sphenoidalia, der falks und des tentoriums.

b) Gefäßfaktor

Auf die besondere enge Verbindung von Halswirbeln, Kopfgelen-

ken und arteria und nervus vertebralis wurde bereits hingewiesen. Dehnungen und Quetschungen der a.vertebralis und der a.basilaris bei extremen Bewegungen, insbesondere bei Hyperextension und Rotation, können momentane Minderdurchblutungen hervorrufen oder zu sekundärer Thrombenbildung Anlaß geben. Drosselung der Vertebralis ist nur bei schon bestehender lateraler Spondylose der Wirbelkörper und ausgedehnten Arthrosen der Wirbelbogengelenke möglich. Dies ergaben angiographische Untersuchungen an 31 Verkehrstoten von Hinz. Hinz beschreibt 4 Fälle von völligem Abriß beider Vertebralarterien, und zwar immer bei Hinterhauptsabriß. Besonders bei Verletzungen der intima oder der media treten häufig Thrombosierungen auf, deren Auswirkungen oft erst sehr spät wahrgenommen werden.
Wie häufig Gefäßschäden auftreten, ist nicht zu sagen, es werden nur vereinzelt Fälle berichtet. Bei Hinz sind es 5 unter 31. Für akute, im Moment der Schleuderung auftretende Bewußtseinsstörungen könnte der Gefäßfaktor entscheidend sein. Auch der nach einem Intervall einsetzende Schwindel oder Ohrensausen, Übelkeit und Sehstörung sind dadurch bedingt, "da die experimentelle Physiologie eine reaktive Minderdurchblutung nach akuter Gefäßwandquetschung kennt" (Kuhlendahl). Meist ist die arteria cerebelli inferior anterior betroffen.

c) Cerebrale Symptome können auch durch direkte Kopfverletzungen ausgelöst werden, etwa durch Aufschlagen des Kopfes am Armaturenbrett oder dergleichen.

d) Irritation des sympathischen Nervengeflechtes, insbesondere des Nervus vertebralis.

2. Ausfälle des Hirnstamms

Ursache ist eine akute Durchblutungsstörung im Vertebralis-Basilaris-Bereich (Lewin, Coburn, Shapiro). Hauptsymptome sind Drehschwindel, Brechreiz und Nystagmus. Diese Folge-

erscheinungen treten meist nach einer Latenz von 2 - 4 Stunden auf. Einmal nach 2 Tagen.

| | | | Zahl d. Pat. | |
|---|---|---|---|---|
| Häufigkeit: | Schutt | 8% | 6 | Gleichgewichtsstörung |
| | Honiki | 86% | 60 | Gleichgewichtsstörung |
| | | 16% | 11 | Brechreiz |
| | Gerstenbrand | 25% | 4 | Gleichgewichtsstörung |
| | | 20% | 3 | Brechreiz |
| | Janzen | 20% | 13 | Gleichgewichtsstörung |
| | Gay, Abbott: | häufig | | Gleichgewichtsstörung |
| | Compere | 20% | 47 | Gleichgewichtsstörung |
| | Sollmann: | häufig | | Gleichgewichtsstörung |
| | Shapiro: | häufig | | Gleichgewichtsstörung |

Auffallend ist der hohe Anteil bei Honiki. Gerstenbrand gibt einen Fall an, bei dem drei Stunden nach der Schleuderung horizontaler Nystagismus auftrat.
Der Drehschwindel beruht wahrscheinlich auf einer Kompression des Anfangteils der arteria vertebralis gegen den Querfortsatz des 7. Halswirbels durch die gespannte tiefe Zervikalfascie. Die Fascie wird durch Muskelspasmus oder durch Hämatome gespannt (Compere). Bei Extension bzw. Rotation läßt sich deshalb vermehrt Schwindelgefühl erzeugen, was ja die Beobachtungen an den Patienten zeigen. Janzen beobachtete Drehschwindel ausschließlich bei alten Leuten. Die Patienten wiesen erhebliche Osteochondrose auf.

## 3. Sehstörungen

Sehstörungen treten nur sehr selten auf und werden nur vereinzelt beschrieben. Folgende Störungen können sich einstellen: Akkomodationsschwierigkeiten, Flecken vor den Augen, Unmöglichkeit länger zu lesen, Verschwommensehen.

Schutt: 1 x Akkomodationsbeschwerden unter 74 Patienten
Müller: 1 x Dunkelgrausehen, und zwar sofort
Horwich: Sehstörungen "sehr selten"

Horwich erklärt Sehstörungen folgendermaßen: Durch das Schleudern werden die medulla und das Rückenmark entweder nach vorne oder nach rückwärts geworfen, dadurch kann es zu Verletzungen der feinen Gefäßstrukturen kommen. Hierdurch will er auch Schwindel und Ohrensausen erklärt haben, die häufig zusammen mit Sehstörungen auftreten. G.Holmes glaubt, daß Liquorbeschleunigungen im 3.Ventrikel verantwortlich sind. Dadurch sollen Ödeme und kleine Blutungen um den Ductus sylvii entstehen.

## 4. Bewußtseinsstörungen

Zwei Punkte sind differentialdiagnostisch wichtig, um eine commotio cerebri von den cerebralen Symptomen nach Schleuderverletzungen zu unterscheiden.

1. Eine Kopfverletzung deutet immer auf eine commotio cerebri.
2. Bei Schleuderverletzungen ist die Bewußtseinsstörung initial, nicht obligat und nur sehr kurz, meist Sekunden bis Minuten. In sehr seltenen Fällen länger (1 x 30 Min. bei Gay). Die Bewußtseinsstörung geht meist in eine mehr oder weniger lang anhaltende Benommenheit über.

Eine zerebrale Minderdurchblutung infolge einer immer nur partiellen Vertebralisabklemmung kann bei der lediglich Bruchteile von Sekunden dauernden Schleuderung keine Bewußtlosigkeit herbeiführen. Die flüchtige initiale Bewußtseinstörung könnte aber Ausdruck einer passiven Hirnstammstörung durch indirekte Gewalteinwirkung sein (Müller).

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Häufigkeit: | Kuhlendahl | 55% | = 25 | Patienten |
| | Gerstenbrand | 1 x unter 4 | | " |
| | Gay, Abbott | 62% | = 31 | " |
| | Honiki | 10% | = 7 | " |
| | Sollmann | 60% | = 7 | " |
| | Pruce | "häufige Verwirrtheit" | | |

## IV. MEDULLÄRE SYMPTOME

Symptome einer akuten partiellen oder totalen Querschnittsläsion im Zervikalmark, die zum sofortigen Tod führen kann, werden nur sehr selten beschrieben. Die Rückenmarksläsion kann Ausdruck einer Zerrung der Medulla, einer Abquetschung oder einer Durchblutungsstörung im Bereich der a.spinalis anterior sein. Klinisch ist eine Unterscheidung nicht möglich. Die Symptomatik tritt sofort auf.

| Häufigkeit: | | |
|---|---|---|
| | Dagradi | 2 x unter 90 Pat. |
| | Müller | 3 x unter 170 Pat. |
| | Janzen | 3 x unter 50 Pat. |
| | | (sämtl.Halswirbels.Verl.) |

5 x wird das akute zentrale Halsmarksyndrom beschrieben. Einmal dauerte es nur 4 Tage, zweimal war es nur flüchtig. Auf den Mechanismus sei auf Seite 16 hingewiesen.
Zweimal wird eine Halbseitenlähmung vom Typ Brown-Sequard beobachtet, zweimal ein subdurales Haematom. Hier entwickelte sich die Symptomatik einmal nach 10 Tagen, einmal nach 6 Tagen. Hinz beobachtete 3 Rückenmarksquetschungen, sie waren immer mit Luxationsfrakturen vergesellschaftet. Halsmarksabriß tritt auf, wenn der Kopf im cranioaxialen Gelenk abreißt. Diese treten beim üblichen Peitschenschnurtrauma nicht auf. Es müssen noch zusätzliche Kräfte einwirken, so daß immer eine Kopfverletzung vorhanden ist.
Hinz fand unter 41 Todesfällen nach Schleudertrauma 3 x diesen Marksabriß, Wellmer unter 134 Toten 15x, wobei sich 10 Fußgänger befanden.

## V. PSYCHONEUROTISCHE SYMPTOME

| Häufigkeit: | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Honiki | 41% | Schlaflosigkeit | = 36 | Patienten |
| | Gay, Abbott | 52% | | = 26 | " |
| | Gerstenbrand | 100% | ängstlich, depressiv | = 12 | " |
| | Hamel | 1% | depressiv | = 3 | " |
| | Braaf | 100% | gereizt, müde | | |

Nach Gay, Abbott sind alle Patienten, die ein Schleudertrauma erlitten haben, geneigt, psychoneurotische Symptome zu entwickeln. Folgende Faktoren scheinen entscheidend:

1. Die vegetative Labilität des Patienten
2. Ärger über den anderen Autofahrer
3. Die Behandlung des Arztes. Enttäuschung über das geringe Interesse des Arztes an seinen Beschwerden
4. Angst vor möglichen Komplikationen

Psychische Faktoren entwickeln sich immer erst Tage, meist Wochen nach dem Unfall. Gay gibt an, daß bei einer sorgfältigen Unterrichtung des Patienten über die Natur, das Ausmaß und die Folgen der Erkrankung, psychoneurotische Reaktionen weitgehend vermieden werden können. Weiter bleiben diese Symptome selten, wenn der Patient ein klares Behandlungskonzept sieht. In diesem Zusammenhang erscheint eine Untersuchung von Roskamp besonders interessant. Er stellte bei 18 von 20 Patientinnen, deren Klinikeinweisung wegen neurotischer Lebensschwierigkeiten erfolgte, ein Zervikalsyndrom fest, welches röntgenologisch lediglich eine Steilstellung der Halswirbelsäule aufwies. In den restlichen Fällen konnte er auch geringgradige deformierende Veränderungen sehen. Es besteht also durchaus die Möglichkeit, daß die öfters nach Whiplash Injuries beobachtete Steilstellung der Halswirbelsäule ein mitauslösender Faktor psychoneurotischer Symptome ist.

# D

# K o m p l i k a t i o n e n

## 1. Vorschäden

Es wird allgemein anerkannt, daß degenerative Veränderungen an der Halswirbelsäule die Symptomatik verschlimmern und die Heilung verzögern (Hamel, Giebel, Kuhlendahl, Müller). Es ist verständlich, daß z.B. eine Protrusion einen Kneifzangenmechanismus begünstigen oder sogar auslösen kann. Dann ist es häufig schwierig zu entscheiden, ob etwa bei einem älteren Patienten nur ein latentes Syndrom zur Manifestation wurde oder der Unfall die alleinige Ursache war. Im Krankengut von Zatzkin tritt Skoliose 5x häufiger auf als unter unverletzten Personen.

## 2. Spätschäden

Hierzu gehören z.B. sekundäre Verschiebungen nach Dens-Frakturen oder Syndrome, die sich erst später entwickelt haben, nachdem ein Trauma günstige Verhältnisse geschaffen hat, so z.B. nach einem Bandscheibenriß eine folgende Protrusion.

| | | |
|---|---|---|
| Häufigkeit: | Müller | 2 - 4 % |
| | Hamel | 5 % |
| | Horwich | 2 % |
| | Bues | 2 % |

Die Störungen sind fast durchwegs radikulärer Art und bedürfen häufig eines chirurgischen Eingriffs.

## 3. Dauer der Symptome

Die durchschnittliche Dauer der Symptome reicht von einigen

Wochen bis zu 6 Monaten. Häufig werden jedoch noch nach Jahren Beschwerden angegeben. Gates berichtet, daß 33 % seiner Patienten noch nach drei Jahren typische Whiplash Syndrome aufwiesen, wobei Bewegungseinschränkung und Kopfschmerz von 70 % angegeben werden. Arbeitsunfähig war nach 3 Jahren nur 1%. Bei Schutt zeigen 70 % der Patienten nach 6 - 24 Monaten nach dem Unfall noch typische Symptome. Die Arbeitsunfähigkeit beträgt im allgemeinen 2 - 4 Wochen (Giebel, Schutt).

| | | |
|---|---|---|
| Durchschnittliche Dauer: | Hamel | 5 Monate |
| | Horwich | 2 - 6 Monate |
| | Holub | 1 Monat |
| | Giebel | 2 - 3 Monate |

Häufig wird auch berichtet, daß eine Verzögerung des Krankheitsbeginns eine Verlängerung der Dauer der Symptome mit sich bringt (Holub, Giebel). Schutt konnte jedoch eindeutig eine Unabhängigkeit des Krankheitbeginns von der Dauer der Krankheit feststellen. Desgleichen stellte er eine Unabhängigkeit der Dauer der Krankheit von der Schuldfrage des Unfalls fest. Dies ist insofern interessant, da die Meinung vorherrscht, viele Symptome seien nur fingiert, um einen finanziellen Gewinn zu erzielen (Gotton). Hier liegt auch der Grund für das oft nicht "Ernstgenommenwerden" der Patienten.

# E

# D i a g n o s e

Die Diagnose Schleuderverletzung wird meist aus dem Unfallhergang gestellt. Die klinische Untersuchung muß zunächst die Stellung der Halswirbelsäule (Steilstellung) beurteilen, hierauf soll eine Palpation der Hals- und Nackengegend durchgeführt werden. Häufig werden dabei schmerzhafte Druckpunkte in der Gegend der Nervenaustritte festgestellt, noch bevor Schmerzen auftreten. Anschließend ist die Beweglichkeit zu prüfen und eine intensive Röntgenuntersuchung muß folgen.

Folgende Aufnahmen sind zu empfehlen (Gay, Abbott, Zatzkin): Anterior - posterior, Kopfgelenke bei geöffnetem Mund, lateral maximale Flexion und Extension, zwei Schrägaufnahmen im Winkel von 45°.

Wie wichtig die oft schwierige Beurteilung von Röntgenbildern der Halswirbelsäule ist, zeigt eine Untersuchung von Wellmer. Von 13 Brüchen wurden bei der Erstuntersuchung nur 4 erfaßt. Von den 9 nicht sofort diagnostizierten Fällen starben überdurchschnittlich viele Patienten.
Alle Untersuchungen müssen mit größter Sorgfalt ausgeführt werden, da schnelle Bewegungen zusätzliche Schäden bewirken können. Leider bietet auch die Diskographie keine große Hilfe, da Diskusveränderungen, wie Sneider feststellte, fast immer zu finden sind. Eine große Erleichterung bietet die Röntgenkinematographie. Hier lassen sich anhand der gegenseitigen Bewegungen der einzelnen Wirbel Lokalisationen von Verletzungen feststellen.

Eine gewisse Hilfe kann manchmal auch die Myelographie sein. Mit ihr lassen sich recht eindrucksvoll Raumveränderungen im Rückenmarkskanal darstellen. Sie sollte jedoch nur vor einem chirurgischen Eingriff oder, wenn das Krankheitsbild noch unklar ist, ausgeführt werden (Braaf).

F

## Möglichkeiten zur Verhinderung von Peitschenschnurverletzungen

Die bei plötzlicher Beschleunigung eines Fahrzeuges auf den Fahrer wirkenden Kräfte können erheblich sein. Sie hängen von der Geschwingigkeit des aufprallenden und von der Knautschzone beider Fahrzeuge ab. Die Gefahr einer Schleuderverletzung erhöht sich bei Verwendung eines Sicherheitsgurts von zu geringem Dehnungskoeffizienten, durch den sich die Wirkung der unteren Halswirbelsäule als Hypomochlion verstärkt. Die Anwendung von Nackenstützen ist unbedingt zu empfehlen. Sie müssen jedoch unbedingt fest mit der Rückenlehne verbunden sein. Man sollte sie sowohl horizontal als auch vertikal verstellen können. Untersuchungen von Hinz und Gissane zeigten, daß bei weitem die meißten Nackenstützen ihre Funktion nicht erfüllen, Sie müßten einer Belastung von 100 kp ohne Deformierung standhalten können.
Martinez und Garcia erprobten in einem biomechanischen Experiment die Anwendung von Helmen und hydraulisch gefederten Rückenlehnen. Bei Verwendung eines Helmes muß darauf geachtet werden, daß der Schwerpunkt nicht über, sondern möglichst unter dem des Kopfes zu liegen kommt. Durch die größere Trägheit dieses Systems wird die maximale Drehbeschleunigung des Kopfes erheblich reduziert. Ähnliche Ergebnisse wurden bei Verwendung der elastischen Lehne erzielt. Auffallend hier ist die geringe Differenz zwischen Schulter- und Kopfbeschleunigung, außerdem ist der Anstieg flacher. ( Abb. 19 )

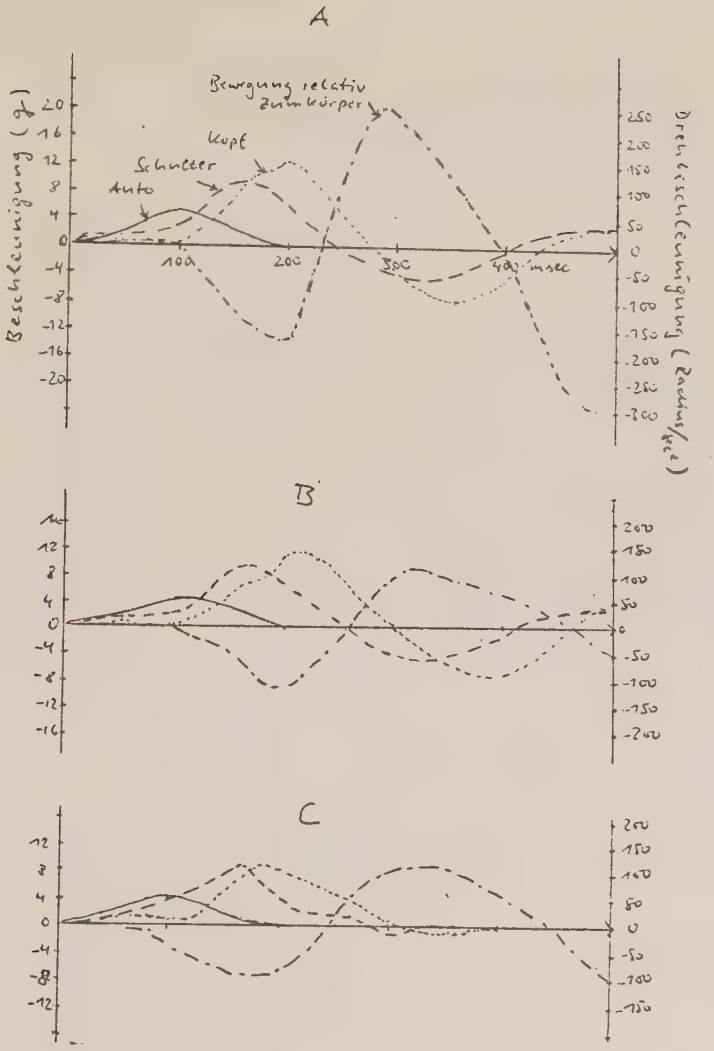



Abb. 19

Beschleunigungs- Zeit-Diagramm

A)ohne Verwendung von elastischen Zehnen und Helm

B)bei Verwendung eines Helms und

C)bei Verwendung einer elastischen Zehne .

( nach Martinez und Garcia )

Die Häufigkeit der Symptome nach Whiplash-Injuries
und der zeitliche Zusammenhang zum Unfall

| | | Zeitfaktor |
|---|---|---|
| **Zervikalsyndrom: 98 %** | | |
| Kopfschmerz | 74 % | 2 - 3 Stunden |
| Nackenschmerz | 95 % | 1 - 2 Stunden |
| Nacken- und Schultersteife | 90 % | 1 - 2 Tage |
| Brüche, Luxationen | 4 % | |
| Lumbalbeschwerden | 30 % | |
| Brachialgie | 45 % | unmittelbar (od.n.Wochen) |
| Steilstellung der HWS | 30 % | 2 - 5 Tage |
| **Cerebralsyndrom: 60 %** | | |
| EEG-Veränderungen | 40 % | |
| Hirnstammausfälle | 20 - 80% | 2 - 4 Stunden |
| Bewußtseinsstörung | 60 % | sofort |
| **Rückenmarkssyndrom: 2 %** | | |
| **Psychosomatische Störungen:** | 50 % | 1 - 2 Wochen |

# G
# Zusammenfassung

Bei Überdehnungsverletzungen der Halswirbelsäule findet sich ein Durchschnittsalter von 50 Jahren, in 80% sind Männer beteiligt. Zwei Läsionsstellen werden gehäuft beobachtet: eine bei $C_2$ und eine zwischen $C_5$, $C_6$. Rückenmarksbeteiligung tritt in 40% auf, und zwar gehäuft im unteren HWS-Bereich und wiederum öfters bei Luxations-Frakturen als bei einfachen Luxationen. Die Häufigkeit eines akuten zentralen Halsmarksyndrom kann nicht angegeben werden, da größere Statistiken fehlen. Es wird ausschließlich durch Überdehnung bei Sturz ausgelöst.
Hyperflexionsverletzungen treten viermal häufiger auf als Hyperextensionsverletzungen. Letztere werden durch Altersrücken und Spondylose begünstigt.
Bei Peitschenschnurverletzungen findet sich ein Durchschnittsalter von 40 Jahren, Frauen sind mit 50% sehr stark beteiligt. Das sog. Zervikalsyndrom (Kopf-, Nackenschmerz) tritt nahezu immer auf, und zwar innerhalb von 24 Std. Verletzungen der HWS werden beim Peitschenschnurtrauma nur selten beschrieben, während über Brachialgie in 45% berichtet wird. Cerebrale Symptome treten in 60% auf, meist in Form kurzer Bewußtseinsstörung und EEG-Veränderungen. Medulläre Störungen werden vereinzelt beobachtet.
Über psychoneurotische Störungen wird in recht unterschiedlichem Maße berichtet.
Im Durchschnitt klingen die Symptome je nach Schwere innerhalb von drei Monaten ab. Nur in 3% stellen sich Spätschäden ein, häufig dann, wenn eine Wirbelsäulenveränderung vorlag.
Zur Diagnose dient die Palpation der Hals- und Nackengegend und das Röntgenbild, wobei Schrägaufnahmen im Winkel von $45^{\circ}$ notwendig sind.
Als Möglichkeit zur Verhinderung der Peitschenschnurverletzung bietet sich die mit der Rückenlehne fest verbundene Kopfstütze an. Auch Versuche mit speziell gestalteten Helmen und hydraulisch gefederten Rückenlehnen lassen zukünftige Möglichkeiten ahnen.

# L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s


Anquin, C. Traumatismos de la columna cervical. Rev. Ortop. Traumat. L.A.7:169, 1962

Barraquer - Bordas 5 neue Fälle von akutem zentralem Halsmarksyndrom durch Überstreckung. Acta neurol. belg. 66, 99-105, 1966

Beugert, O. Beitrag zu den Veränderungen am occipitozervikalen Übergang. Archiv f. Orthop.u. Unfallchirurgie 54, 728 - 751, 1963

Blanc Le syndrome subjectiv. Des traumatisme cervicaux. Concours Med. 86:7114, 1964

EEG et syndrome des traumatisme cervicocraniens. Concours Med. 86:7117-7120, 1964

Bordas, B. Le syndrom medullaire cervical central aign par hyperextension. Psychiatrie u.Neurol. 147:3-19, 1964

Braaf, M. Whiplash Injury of Neck-Fact or Fancy. Int. Surg. 46:176-182, 1966

Brückner Nachuntersuchungsergebnisse nach Wirbelfrakturen. Zbl.f.Chir.87:1925-1932, 1962

Brookes, T. Dislocation of the spine. Textbook of Surgery pp 346-348, 1953

Bues, E. HWS u.traum.Hirnschaden in der akuten und chron.Phase. Wirbelsäule in Forschung und Praxis 25: 1962

Bürkle De La Camp Zur Behandlung der Halswirbelluxationen. Lang.Arch.klin.Chir. 292:514-523, 1959

Buonocore Cineradiograms of Cervical Spine in Diagnoses of Soft-Tissue Injuries. JAMA 198:25-29, 1966

Chakravorty, B. Arterial Supply of the Cervical Spinal Cord and its Relation to the Cervical Myelopathy in Spondyloses. Ann.Roy.College of Engl. 45:232-250, 1969

Compere, W.E. Electronystagmographic Findings in Patients with Whiplash Injuries. 78:1226-1233, 1968

Coppola, A. Neck Injury. Int.Surg. 50:510-515, 1968

Dagradi, A. Der kranio-zervikale Peitschenschlagmechanismus bei Verkehrsunfällen. Chir.Praxis 9:43-57, 1965

Emminger, E. Zur path.Anatomie des Schleudertraumas der HWS. Lang.Arch.klin.Chir.316:445-457, 1966

Farago, I. Traumatischer Halswirbelschaden und neurol. Syndrom. Archiv f.orthop.u.Unfallchir.54:237-262, 1962

Forsyth, F. Extension Injuries of the Cervical Spine. J. of Bone Jt.Surgery 46:1792-1806, 1964

Frankel, C. Medical-legal Aspects of the Injury to the Neck. JAMA 169:216, 1959

Franke, W. Zur Frage der vorzugsweise linksseitigen Ausbreitung der Schmerzen beim zervikalen Syndrom. Med.Klinik 56:480-483, 1961

Funke, H. Unblutige Reposition einer vollst. Halswirbelverrenkung. Zbl.f.Chir. 83:1668-1671, 1958

Gates, E. Studies in Cervical Trauma, Part 1: The So-called 'Whiplash'. Int. Surg. 46:218-222, 1966

Gay, Abbott Common Whiplash Injuries to the Neck. JAMA 152:1698-1704, 1953

Gelehrter, G. Über die Verhältnisse am Wirbelkanal bei Verrenkungen des Atlas nach vorne. Archiv f.orthop.u.Unfallchir.52:27-31, 1960

Verletzungsformen der Halswirbelsäule mit Ausnahme der Kopfgelenke. Archiv f.orthop.u.Unfallchir.52:287-310,1960

Flexionsverrenkungen der HWS mit Verschiebung des Wirbelkörpers nach hinten. Mschr.f.Unfallheilk.72:29-31, 1969

Gerstenbrand, F. Das Peitschenschlagtrauma der HWS. Wiener Med.Wschr. 118:799-804, 1968

Gissane, W. The causes and the Preventions of Neck-Injuries to Car Occupants, Ass.of the Roy. Surg.of Engl. 39:161, 1962

Gögler, E. Unfallopfer im Straßenverkehr. Series chirurgica 5, 1952
Schleuderverletzungen der HWS
Wirbelsäule in Forschung u.Praxis 25, 1962

Gotten, N. — A Survey of 100 Cases of Whiplash Injuries after Settlement of Litigation. JAMA 162:865-867, 1956

Griebel, G. — Schleudertrauma der HWS. Lang.Arch.klin.Chir. 316:457-461, 1966

Guy, J. — The Whiplash: Tiny Impact, Tremendous Injury. Industrial Med. and Surgery. 37:688-691, 1968

Gurdijan, E. — Closed Cervical Cranial Trauma Associated with Involvement of Carotid and Vertebral Arteries. J. of Neurosurg. 20:418-427, 1963

Hinz, P. — Arteria vertebralis u. Schleuderverl.der HWS. Arch.f.orthop.u.Unfallchir. 64:268-277, 1968

Vielschichtige Untersuchungsmethoden zur Erfassung pathomorphologischer Sektionsbefunde nach Schleudertraumen. Deutsche Z.ges.gerichtl.Med. 64:204-216, 1963

Kehlkopfverletzung bei Schleudertraumen der HWS. Zbl.Verkehrsmed. 15:98-104, 1969

Hinterhauptabriß v.d.HWS. Mschr.f.Unfallhk. 72:89-99, 1969

Hamel, H. — Acute Traumatic Cervical Syndrome. Southern Med.Journal. 55:1171-1177, 1962

Holmes, G. — Acute Febrile Polyneuritis. Observtions on Ocular Palsies. Brit.M.J. 2:1165, 1931

Holub, K. — Die klin.Bedeutung des Schleudertraumas der HWS. Wiener kl.Wschr. 75:727, 1963

Honiki — Clinical Aspects of Traumatic Cervical Vertigo. J.of the Jap.Med.Ass. 60:745-758, 1968

Horwich, H. — The Effect of Whiplash Injuries on Ocular Functions. Southern Med.Journal.55:69-71, 1962

Janes, J. — Severe Extension-Flexion Injuries of the Cervical Spine. Mayo Clinic Proc. 40:353 1965

Janzen, R. — Schleudertrauma der HWS. Lang.Arch.f.klin.Chir. 316:461-469, 1966

Jellinger, K. — Zur Morphologie u.Pathogenese spinaler Läsionen bei Verl. der HWS. Acta Neuropathologica, 3:451-468, 1964

Jirout, J. Die Beweglichkeit des Halsrückenmarks unter normalen u.path.Umständen. 9.Kongress of Radiology 1959, München

Jung, A. Syndrome Cervical Traumatique et syndrome de l'artere vertebrale. Revue Rhum. 35:165-172, 1968

Kuhlendahl, H. Neurol.Probleme d.Schleudertraumas. Lang.Arch.klin.Chir. 316:470-475, 1966

Die neurol. Syndrome bei der Übersteckungsverletzung d.HWS u. dem sog.Schleudertrauma. M.Med.Wschr.106:1025-1030, 1964

Kunert, W. Das Zervikalsyndrom. Wirbelsäule in Forschung u. Praxis. 26: 1962

Kramer, W. Neurology of the Cervical Syndrom. Nederland T.Geneesk 111:1237-1245, 1968

Lewin, W. Cerebral Effects of Injury to the Vertebral Artery. British J. of Surg. 52:223-225, 1965

Lindenberg, D. Behandlungsergebnisse bei Frakturen und Lux.d.HWS. Mschr.Unfallhk. 71:186-199, 1968

Lorenz Beurteilung der HWS-Verl. mit bes.Berücksichtigung v.Kombinationsschäden. Rö.Fortschritte, 104:808-820, 1966

Martinez, J. A Model for Whiplash. J. of Biomechanics 1:23-32, 1968

Müller, E. Das Schleudertrauma der HWS u. seine verschiedenen Folgen. Deutsche Med.Wschr. 91:588-593, 1966

Schleuderverl. des Kopfhalteapparats. Der Internist 7:89-94, 1966

Commotio cerebri und HWS. Wirbelsäule in Forschung u. Praxis. 25: 1962

Norton, L. Frakturen u. Lux. der HWS. J.Bone Jt.Surg. 44:115-139, 1962

Ommaya, A. Whiplash Injury and Brain Damage, an Experimental Study. JAMA 2o4:285-289, 1968

Subdural Haematoma after Whiplash Inj. The Lancet 237-239, 1969

Ostapowicz RM-Beteiligung bei Wirbelsäulenverl. Mschr.Unfallhk. Beiheft, 66:121, 1960

Paltriniere — Die Verl.d.HWS durch Straßenverkehrsunfälle. Osped.Ital.Chir. 11:371-388, 1964

Piotrowski, W. — Kopfsprungverl. der HWS. Lang.Archiv klin.Chir. 313:575-579

Poeck, K. — Das reversible Syndrom der dorsalen Oblongata, Beobachtungen bei Überstreckungstraumen der HWS. Arch.Psych.Nervenhk. 206:474-488, 1965

Probst, J. — Schwer erkennbare HWS-Verl. unter dem Bild des HWS Syndroms. Med.Klin. 58:793-799, 1963

Pruce, A. — Whiplash Injury: What is New? Southern Med. Journal. 57:323-337, 1964

Payne, E. — The Cervical Spine. Brain, 80:514-522, 1959

Rocca, E. — Cervicale Wirbelsäulen-RM-Verl. Rev.med.Hosp.Obriero 13:5-13, 1964

Roskamp — Angst und Zervikal-Syndrom. Z.psycho-som.Med. 8:157-167, 1962

Schmitt, W. — Zur Behandlung des zervikalen Syndroms. Med. Welt 1196-1198, 1968

Schilling — Schleuderverl.d.HWS bei einem Klippel-Feil-Syndrom. Mschr.f.Unfallhk. 67:295-307, 1964

Schutt, Ch. — Neck Injury to Women in Auto Accidents. JAMA, 206:2689-2692, 1968

Seletz, E. — Whiplash Injuries, Neurophysiological Basia for Pain. JAMA, 168:1750-1755, 1958

Shapiro, Torres — Brain Injury Complicating Whiplash Injuries. Minnesota Medicine 43:473-476, 1960

Sicard — Les lesions du rachis cervical en traumatologie routiere. Annals of Surg. of England 39:151-155, 1962

Shimomura, Yutaha — Experimental Study of Ischemic Damage to the Cervical Spinal Cord. J. of Neurosurg. 18:565-581, 1968

Sollmann, H. — Röntgenkinematographische Studien des Schleudertraumas der HWS. Med.Klin. 61:1665-1671, 1966

Sneider, S. — Cervical Discography: Is it Relevant.

Shapiro, Torres EEG in Whiplash Inj.
Arch.of Neurol. 5:28-35, 1961

Tönnis, D. Durchblutungsstörungen des RM bei Wirbelsäulenerkr.
Archiv f.orthop.u.Unfallchir.53:433-444, 1961

Uhlig, F.R. Hyperextensionsverl. an der Wirbelsäule durch Verkehrsunfälle.
Diss. Düsseldorf 1960

Wehner, W. Formen und Behandlungsmöglichkeiten der Halswirbelluxationen.
Zschr.f.ärztl.Fortbildung, 61:61-69, 1967

Wellmer,Larena Die übersehene Halswirbelverl. beim Kombinationstrauma.
Archiv f.orthop.u.Unfallhk. 61:43-54, 1967

Zander, E. Apropos of Certain Neurological Diseases Caused by Cervical Spine Inj. Due to Accelleration and Decelleration and Lesions Due to Whiplash Injuries.
Helvetia Chir.Acta 34:487-503, 1967

Zatzkin, H. Evaluation of the Cervical Spine in Whiplash Injuries. Radiology 75:577-583, 1960

Zukschwerdt Das Schleudertrauma der HWS.
Schweizer med.Wschr. 92:534 1962

Proceedings of the Second Congress of the International Association for Accident and Traffic Medicine.

# L e b e n s l a u f

Ich wurde am 14.4.1943 als Sohn des Oberlandesgerichtsrat Dr.E.Hartmann in München geboren. Von 1949-53 besuchte ich die Schulen in Buch und Hechendorf. 1954 ging ich auf die Privatschule Krieger nach Herrsching und wechselte 1955 auf das jetzige Max-Planck-Gymnasium in München-Pasing über. Dort legte ich auch im Juni 1965 die Reifeprüfung ab und begann nach abgeleistetem Ersatzdienst das Medizinstudium in München, das ich im Sommer 1972 mit dem Staatsexamen abschloß.

Andreas Hartmann